TRANSFORMATION ET MANUTENTION DES PROVENDES A LA FERME

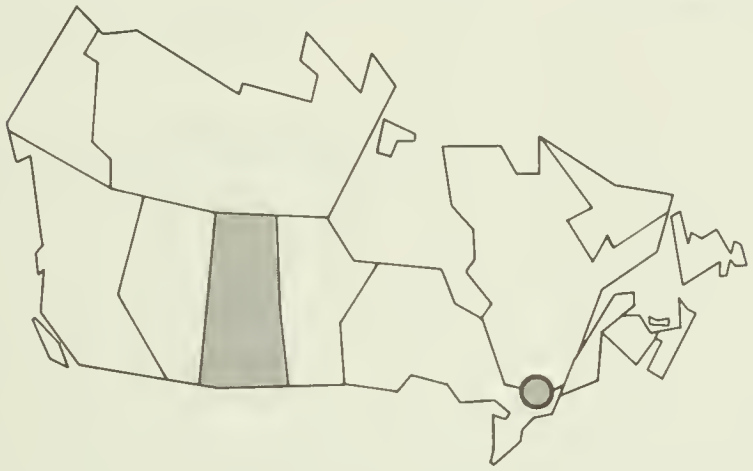
PUBLICATION 1572 1977

630.4
C212
P 1572
fr.
cop. 3

Agriculture
Canada

CANADA AGRICULTURE
LIBRARY
BIBLIOTHÈQUE
DEPARTMENTAL LIBRARY
BIBLIOTHÈQUE DU MINISTÈRE
ÉDIFICE SIR JOHN CARLING BLDG.
OTTAWA, ONTARIO
CANADA AGRICULTURE
630.4
C212
P1572
fr.

PUBLICATION FÉDÉRALE/PROVINCIALE



CANADA/SASKATCHEWAN

TRANSFORMATION ET MANUTENTION DES PROVENDES À LA FERME

Cette publication a été préparée par l'auteur à la demande du Comité sur les céréales fourragères et les aliments du bétail du Service de plans du Canada. Par la suite, dans le cadre des attributions du Comité fédéral-provincial de coopération régionale des publications agricoles, le ministère de l'Agriculture du Canada a entrepris de la publier.

A. PROTZ, Direction des services de génie agricole,
ministère de l'Agriculture de la Saskatchewan,
Régina (Saskatchewan).

MINISTÈRE DE L'AGRICULTURE DU CANADA
PUBLICATION 1572
1977

On peut obtenir des exemplaires de cette publication à la
DIVISION DE L'INFORMATION
MINISTÈRE DE L'AGRICULTURE DU CANADA
OTTAWA
K1A 0C7

© MINISTRE DES APPROVISIONNEMENTS ET SERVICES CANADA 1977

6M—11:77
N° de cat.: A53-1572/1977F
ISBN 0-662-01309-3

TABLE DES MATIÈRES

PLANIFICATION 5

Analyse de la situation 5
Planification d'un programme à long terme 5
Détermination des objectifs de production 5
Évaluation des besoins de stockage 5
Examen des autres possibilités 5

Achat de services ou d'aliments préparés 7
Transformation des aliments à la ferme 7
Évaluation des différentes possibilités 7
Choix final 8

Préparation d'un plan détaillé 8

INSTALLATIONS ET MATÉRIEL 10

Stockage 10

Céréales et aliments transformés 10
Ensilage 12
Céréales à haute teneur en eau 13
Foin 13

Manutention et transport 14

Fosse de déchargement 14
Vidange de la cellule 16
Vis sans fin 16
Élévateurs à godets 18
Transporteurs pneumatiques 18
Transport par gravité 19
Convoyeur à bande 22
Convoyeur à chaîne 23
Convoyeur oscillant 23
Convoyeur à pompe et à tuyaux 24
Chargement et déchargement des silos-tours 24
Déchargement des silos horizontaux 25

Transformation 25

Broyage et malaxage 25
Transformation du fourrage grossier 29
Mélange des aliments 29

Distribution et alimentation 30

Chariot de distribution 30
Wagonnet de distribution 31
Distributrice pour mangeoire 31
Système de distribution automatique pour mangeoire 33
Nourrisseur automatique 34
Alimentation rationnée des porcs et des volailles 34
Convoyeur-nourrisseur à volailles 38
Alimentation liquide des porcs 38

L'ÉLECTRICITÉ A LA TRANSFORMATION ET LA MANUTENTION DES PROVENDES 39

Types d'énergie électrique 39

Courant monophasé 39
Courant triphasé 39

Moteurs électriques 40

Choix du moteur 40
Enveloppe 41
Roulement 41
Puissance 41

Déphaseur 41
Protection du moteur 41

Dispositif de protection contre les court-circuits 43
Dispositif de protection contre la surcharge 43
Démarreur magnétique 43
Arrêt du moteur 44
Commande du moteur 44

Câblage 44

Commandes 44

Interrupteur à pression 44
Interrupteur à mercure 44
Interrupteur à minuterie 44
Interrupteur à retardement 44

Tableau de contrôle 45

REMERCIEMENTS 47

TRANSFORMATION ET MANUTENTION DES PROVENDES A LA FERME

De plus en plus les exploitations se diversifient et comprennent une forme ou une autre de production animale. Ceci soulève l'intérêt des agriculteurs pour la préparation des aliments du bétail et, plus particulièrement, pour celle qui est faite à la ferme. Pour un éleveur le coût des aliments représente environ 65% des dépenses totales. La mécanisation de la préparation des aliments réduit le nombre de corvées fastidieuses, élimine les tâches indésirables, laisse plus de temps pour d'autres choses, diminue les frais de main-d'oeuvre et favorise l'expansion de l'exploitation sans accroîte la somme des travaux.

Nous avons essayé de réunir dans la présente publication un nombre suffisant de renseignements pour permettre aux producteurs de bétail, en collaboration avec les vulgarisateurs agricoles, de mettre au point un système de transformation efficace et de choisir le matériel approprié pour leur acheminement vers le bétail.

PLANIFICATION

Lorsqu'on dresse les plans des installations d'élevage, qu'il s'agisse de bovins, de porcs, de moutons ou de volailles, on néglige souvent la question de la préparation des aliments et de leur distribution. Que les aliments soient préparés sur place ou proviennent d'un établissement commercial et soient entreposés à la ferme jusqu'à leur utilisation, cette question mérite d'être étudiée en détail. Quelquefois, le matériel et les installations existants sont utilisés tel quel ou sont rénovés; il arrive aussi qu'on construise de nouveaux bâtiments ou installe de nouveaux appareils. Quoi qu'il en soit, la décision doit s'appuyer sur les besoins immédiats de l'exploitation et sur son éventuelle expansion.

Il y a cinq principes de manutention, suivez-les: 1) déplacez le matériel aussi peu que possible; 2) laissez-vous aider par bétail; 3) servez-vous de produits en vrac ou sous une forme qui permette la manutention mécanique; 4) prévoyez une distribution continue afin d'éliminer les opérations superflues et 5) mécanisez au maximum les diverses étapes de la transformation pour les rendre plus efficaces et plus économiques.

ANALYSE DE LA SITUATION

La première étape consiste à faire un dessin à l'échelle de l'endroit choisi, montrant l'emplacement des bâtiments existants, des clôtures, des sources d'eau, des canalisations, des câbles électriques, des râteliers, des drains. Sur une autre feuille, indiquez le genre et l'état des bâtiments.

Dressez une liste sommaire du matériel de transformation et de manutention ainsi que de l'équipement de distribution aux animaux et des installations d'emmagasinage pour les aliments transformés et bruts. Examinez le type d'énergie disponible (distribution mono ou triphasée), la situation de la main-d'oeuvre (disponibilités actuelles et futures), le capital dont vous disposez et votre solvabilité.

PLANIFICATION D'UN PROGRAMME A LONG TERME

Examinez scrupuleusement vos besoins futurs. Si l'installation ne satisfait que vos besoins actuels, plus tard il sera difficile d'en accroître la capacité, sans faire de grandes dépenses. Une planification à long terme prévoit suffisamment d'espace pour les installations et le matériel à venir. Il est parfois nécessaire de déplacer les installations existantes pour permettre leur expansion future.

DÉTERMINATION DES OBJECTIFS DE PRODUCTION

Les exigences relatives à l'entreposage des céréales brutes ou transformées et à la capacité du matériel de transformation varient en fonction des objectifs de production. Ceux-ci devraient être compatibles avec la capacité de l'équipement choisi.

Avant de déterminer les objectifs de production, voici quelques questions auxquelles il faudra répondre: quelles catégorie et classe de bétail avez-vous l'intention d'élever? Achèterez-vous des animaux de remplacement l'an prochain? Combien d'animaux prévoyez-vous soigner à la fois? Comment le bétail sera-t-il logé?

ÉVALUATION DES BESOINS DE STOCKAGE

Pour évaluer vos besoins en stockage de provendes, reportez-vous au tableau 1. Ce tableau indique les besoins quotidiens et annuels de divers animaux en nombre variable. De ces données, vous pourrez calculer l'espace d'entreposage nécessaire pour les produits bruts et les aliments transformés si ces derniers ne sont pas préparés chaque jour.

Pour être utilisés au mieux, les aliments de chaque classe de bétail devraient avoir une texture différente. Une mouture trop fine augmente les coûts, baisse le rendement, dépense plus d'énergie et peut occasionner des pertes si le vent souffle. Le tableau 2 donne quelques recommandations pour la mouture de certaines céréales.

EXAMEN DES AUTRES POSSIBILITÉS

Puisque aucun système n'est parfait, examinez soigneusement toutes les possibilités avant de fixer votre choix. L'agronome de votre région pourra vous donner les noms

TABLEAU 1 – EXIGENCES ALIMENTAIRES DU BÉTAIL

Genre de bétail	Quantité requise/jour (kg)		Aliment transformé/année/tonne (métrique)			
BOVINS						
Nombre total	1		23	45	68	91
Bovins de boucherie (entretien)						
Vaches et taures	Foin[1]	11,3	104	209	313	408
	Ensilage[2]	34,0	104	–	–	–
Veaux de 225 kg	Foin	5,4	50	100	150	200
	Ensilage	15,9	–	–	–	–
Bovins de boucherie	Foin					
Animaux d'un an	Grain3	7,9	7	14	22	29
	Foin	1,6	14	29	43	58
Veaux de 225 kg	Grain	6,8	6	13	19	25
	Foin	1,6	14	29	43	58
Bovins laitiers						
Troupeau laitier	Foin	13,6	127	254	381	508
	Grain	6,8	63	127	190	254
	Ensilage	40,8	–	–	–	–
OVINS						
Nombre total	1		23	45	68	91
Brebis et béliers	Foin	1,4	13	25	38	51
	Grain	0,2	1,4	2,7	4,1	5,4
Agneaux d'engraissement	Foin	0,2	2,3	4,5	6,8	9
	Grain	0,30	2,7	5,4	8	11
PORCS						
Nombre total	1		23	45	68	91
Truies: nombre d'animaux	Grain	2,7	25	51	76	102
Nombre total	1		363	726	1088	1451
Porcelets sevrés à 10 jours (22 kg)	Grain	0,4	68	136	204	772
Porcs d'engrais	Grain	2,2	335	671	1007	1342
POULETS						
Nombre total	1		453	2267	4535	9070
Pondeuses	Grain	0,13	25	127	254	508
Poulettes de remplacement	Grain	0,07	16	68	136	172
Nombre total	1		1814	4535	10885	18140
Poulets à griller	Grain	0,07	53	131	315	526
Poulets à rôtir	Grain	0,09	70	175	419	698
DINDONS	Grain					
Nombre total	1		453	1088	1360	1814
Nombre de reproducteurs	Grain	0,34	59	149	177	236
Nombre total	1		907	2267	4535	9070
Dindons d'élevage	Grain	0,11	42	103	208	417

[1] L'ensilage vaut le foin dans un rapport de 3 à 1.
[2] L'ensilage n'a pas besoin d'être transformé.
[3] Le grain comprend tous les concentrés et les suppléments utilisés dans une ration.
[4] Compter 50% d'ensilage de plus pour le reste du troupeau.

TABLEAU 2 – RECOMMANDATIONS POUR LA MOUTURE DU GRAIN DESTINÉ AU BÉTAIL

Grain	Bovins de boucherie	Bovins laitiers	Porcs	Ovins	Volaille
Maïs égrené	Grossier[1]	Moyen	Moyen	Entier	Concassé
Avoine	Moyenne	Moyenne	Fine[2]	Entière	Moyennement fine
Orge	Grossier	Moyennement grossier	Fin[2]	Grossier ou entier	Moyennement fine

[1] Grain entier jusqu'à 12 mois après quoi, donner du grain grossièrement broyé.
[2] Aussi fin que possible sans poussière excessive.

des producteurs qui ont déjà des installations de transformation. Avant d'aller les voir, téléphonez et prenez un rendez-vous. Pendant la visite, demandez au propriétaire quels changements il apporterait au système s'il était à refaire. Renseignez-vous aussi sur la qualité du matériel, sa disponibilité et même celle des pièces de rechange et les services d'entretien. Examinez les autres possibilités.

Achat de services ou d'aliments préparés

Négociants en provendes Les négociants en provendes vous offrent un ou l'ensemble des services suivants: achat et manutention des composants des provendes, préparation et mélange des rations, services financiers et conseils sur l'alimentation et la production. Les frais pour ces services sont inclus dans le prix des aliments pré-mélangés. Les produits spéciaux, comme les aliments pour volaille sous forme d'agglomérés pourront être commandés à une meunerie commerciale. Les presses à agglomérer sont très coûteuses et leur achat n'est justifié que pour les grands élevages.

Meunerie commerciale Dans une meunerie commerciale, vos propres grains sont moulus et mélangés avec des pré-mélangés et des concentrés disponibles sur le marché. Comparez les services offerts par les négociants en provendes aux frais de transport, main-d'oeuvre extra pour charger les grains et décharger les aliments, le temps passé à la meunerie, et l'hiver peut-être l'impossibilité de se rendre à la meunerie à cause du mauvais temps.

Meunerie mobile La meunerie mobile broie les aliments et, au besoin, y ajoute des suppléments et des concentrés. Les aliments préparés sont directement versés dans les silos de la ferme. Avec un service de commande, aucun investissement n'est nécessaire, il n'y a pas de frais d'entretien et peu ou pas de travail. La fabrication d'un aliment bien proportionné et bien mélangé dépend de l'adresse du meunier. Si ce dernier ne peut venir aussi souvent que vous le désirez, ou au moment opportun, cette possibilité peut ne pas répondre à vos besoins.

Transformation des aliments à la ferme

Broyeur-malaxeur portatif à prise de force Cette machine broie, mélange et transporte les provendes. Elle peut être utilisée à l'entrepôt ou au lieu de l'alimentation même si l'un et l'autre sont fort distants l'un de l'autre et de remplir les usages ou les nourrisseurs automatiques. Grâce à sa mobilité, cet appareil convient particulièrement aux agriculteurs-locataires. Souvent le tracteur de la ferme est suffisant pour l'énergie. Le désavantage est qu'une seule pièce peut mettre tout le système en panne. De plus, il faut de bonnes installations de déchargement et de bons chemins même par mauvais temps.

Mélangeur-broyeur électrique Un mélangeur-broyeur mesure, broie et mélange tous les ingrédients simultanément et continuellement. La mouture et la distribution peuvent être automatisées. Ce type de mélangeur s'adapte facilement aux systèmes mécaniques de transport des aliments du lieu d'entreposage au bétail, mais ne peut transformer le fourrage grossier. Son installation nécessite parfois une révision de l'installation électrique et, si les aires d'entreposage et d'alimentation sont dispersées, un surcroît de matériel mobile.

Moulin en lot Ici, chaque ingrédient transformé doit être pesé et moulu séparément. Son emploi demande plus de temps qu'un mélangeur-broyeur électrique, mais les rations sont plus précises ainsi que les dossiers d'alimentation. Même si l'on peut utiliser n'importe quel genre de broyeur, le broyeur à cylindres nécessite certains réglages avant la mouture de chaque ingrédient. La mouture en lot est plus coûteuse, demande beaucoup de temps et une planification plus soigneuse pour éviter les arrêts prolongés. La consommation d'électricité est supérieure à celle d'un mélangeur-broyeur. En outre, si vous utilisez plus d'un ingrédient vous aurez aussi besoin d'un malaxeur.

Évaluation des différentes possibilités

Pour faire une bonne analyse économique, il est essentiel de se renseigner sur les mises de fonds et les frais variables et fixes annuels relatifs à l'installation et l'exploitation des divers systèmes. Vous pourrez obtenir cette évaluation des fabricants, des vendeurs et des distributeurs, ainsi que des entrepreneurs qui ont récemment installé un système semblable et aussi des vulgarisateurs provinciaux. En demandant le devis, vous devrez fournir les spécifications sur la taille et le genre de stockage voulu, le degré de mouture, le degré de commande et d'automatisation, la quantité d'ingrédients composant la ration et la façon dont cette dernière doit être préparée et distribuée au bétail. La même liste devrait servir à toutes les évaluations afin de simplifier la comparaison et le choix de celle qui s'adapte le mieux à vos besoins.

Frais fixes-annuels Ces frais varient très peu. Comptez:

- 10% de la valeur originale du matériel et 5% de la valeur originale des bâtiments pour la dépréciation,
- 3% de la valeur originale des bâtiments et du matériel pour les réparations, environ la moitié du prix original multiplié par le taux d'intérêt actuel pour les frais d'investissement,
- 1% du capital investi pour les bâtiments et 0,2% pour les assurances du matériel.

Frais d'exploitation ou frais variables Les frais de main-d'oeuvre, d'électricité, de carburant et de graissage sont proportionnels à l'utilisation et à l'efficacité du système.

- Main-d'oeuvre: comprend le temps de préparation, de transport et de nettoyage. Évaluez les exigences du système le plus exactement possible en heures de travail et calculez-en le coût aux taux en vigueur dans votre localité.

Consommation électrique pour la transformation et la manutention d'une tonne d'aliments. Utilisez les formules suivantes:

Coût de l'électricité = 1,62 x puissance en kW x $/kWh = $/h
Coût de transformation = $/h ÷ kg/h = $/kg

- Carburant: les dépenses en carburant sont calculées en multipliant le nombre d'heures annuelles d'utilisation par la quantité de carburant consommé et le coût de ce dernier. Pour évaluer la consommation moyenne d'un tracteur on utilisera la formule suivante:

  consommation (L/h) = 0,36 x prise de force maximale du tracteur en kW.

Un tracteur diesel utilise environ 73% du carburant consommé par un tracteur à essence, un tracteur au propane utilise 20% plus d'énergie qu'un tracteur à essence.

- Graissage (huile, graisse et filtre): environ 15% du coût du carburant

Coût de transformation La figure 1 explique la façon de calculer le coût de chaque système de transformation. Le tableau 3 montre le coût de chaque système par tonne d'aliments transformés pour diverses exigences alimentaires annuelles; la figure 2 donne les mêmes résultats mais sur un graphique. Le premier système utilise un broyeur-malaxeur portatif et suppose que le tracteur qui l'actionne sert la moitié du temps à d'autres travaux agricoles. Le deuxième système utilise un broyeur fixe situé dans un bâtiment existant dont le coût n'est pas imputé à celui de la transformation des aliments. Dans le troisière système, les aliments sont transformés grâce à une meunerie mobile qui s'occupe de retirer le produit brut du silo et d'y replacer le produit fini. Le premier système ne comprend pas d'entrepôts puisque les aliments transformés sont consommés chaque jour.

En examinant la figure 1 on constate que la différence entre les frais fixes annuels d'un broyeur-malaxeur portatif et ceux d'un mélangeur-broyeur électrique est minime. Cependant, les frais variables du mélangeur-broyeur sont moins élevés et le système demande moins de travail par tonne d'aliments transformés, ce qui lui donne un avantage sur le broyeur-malaxeur portatif, surtout lorsqu'on utilise une grande quantité d'aliments. La meunerie mobile est comparable aux systèmes 1 et 2 jusqu'à 100 tonnes d'aliments par année. Au dessus de ce chiffre, il est plus avantageux sur le plan économique, de posséder ses propres installations et de transformer les aliments sur place, à la ferme.

CHOIX FINAL

Bien que l'analyse économique soit importante dans le choix du système le mieux adapté à vos besoins, il est bon d'examiner les points suivants avant de prendre une décision:

- facilité de crédit ou capital d'investissement disponible et les effets que son utilisation aura sur les capitaux réservés au programme de production;
- nombre d'années d'exploitation;
- taille de l'élevage;
- possibilités de transformation commerciale locale;
- intérêts de désirs personnels, y compris le temps disponible pour faire fonctionner le système et les disponibilités de main-d'oeuvre qualifiée et rémunérée;
- qualité des aliments préparés par les autres systèmes et ses effets sur votre programme d'alimentation;
- type de céréales employées par temps chaud (il est impossible de moudre des céréales humides);
- disponibilités suffisantes d'énergie.

En choisissant un système de transformation des aliments, pensez en fonction de l'exploitation au complet. Mettez au point un schéma de principe (d'après celui de la figure 3) pour chaque ingrédient qui entre ou sort du système. Choisissez un matériel de capacité suffisante et assurez-vous que ses composants sont compatibles. Le système devrait être aussi souple que possible sans que son efficacité en soit réduite. N'oubliez pas d'examiner les effets d'une éventuelle expansion de votre entreprise sur les installations de transformation.

PRÉPARATION D'UN PLAN DÉTAILLÉ

En vous servant d'une plus grande échelle que celle utilisée pour le plan préliminaire, dessinez l'aire de manutention et de transformation des aliments. Notez l'emplacement de toutes les cellules à céréales, les

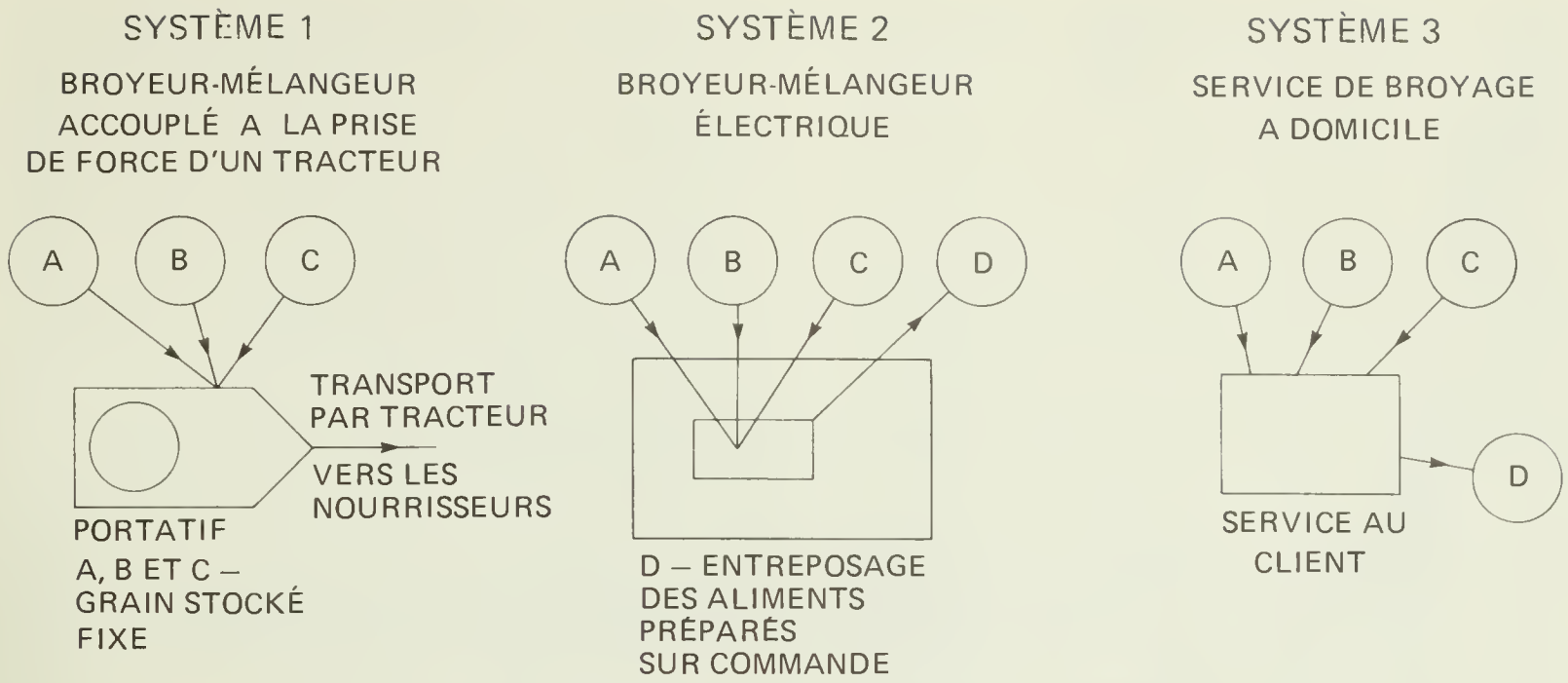


Figure 1 Analyse économique de trois systèmes de transformation des aliments du bétail

Capital investi

Broyeur-mélangeur accouplé à la prise de force d'un tracteur	$4000
3 vis sans fin et leurs moteurs, plus le câblage	$1000
Total	$5000

Frais fixes annuels

Dépréciation	$ 500
Réparations	$ 150
Intérêt	$ 300
Assurance	$ 10
Total	$ 960

Frais variables

Rendement de 2 t/h	
Puissance utilisée: 60 HP	
Coût du carburant/h	$1.26
Coût du lubrifiant/h	$0.19
Frais fixes/h (tracteur)	$2.20
Coût de la main-d'oeuvre/h	$4.00
Frais variables totaux/h	$7.65
Frais variables/t	$3.83

Capital investi

Mélangeur muni d'un moteur de 5 HP	$2100
4 vis sans fin et leurs moteurs	$ 600
Commandes automatiques	$ 200
Câblage	$ 700
Cellule de stockage des aliments préparés à vidange latérale (16 tonnes)	$2000
Total	$5600

Frais fixes annuels

Dépréciation du matériel	$ 360
Dépréciation des bâtiments	$ 100
Réparations	$ 168
Intérêt	$ 280
Assurance sur le matériel	$ 7
Assurance sur les bâtiments	$ 20
Total	$ 935

Frais variables

Rendement de 1000 lb/h	
Coût de l'électricité/t	$0.21
Coût de la main-d'oeuvret	$2.00
Frais variables totaux/t	$2.21

Capital investi

Cellule de stockage des aliments préparés à vidange latérale (16 tonnes)	$2000

Frais fixes annuels

Dépréciation	$100
Réparations	$ 60
Intérêt	$100
Assurance	$ 20
Total	$280

Coût de la transformation: $8.50 la tonne.

TABLEAU 3 – COÛT DE TRANSFORMATION PAR TONNE (MÉTRIQUE) D'ALIMENTS SELON LA QUANTITÉ UTILISÉE CHAQUE ANNÉE ET LA MÉTHODE DE TRANSFORMATION

Tonne/année	50	100	200	300	500	1000
Système 1	$25.33	$14.77	$9.69	$7.73	$6.32	$5.27
Système 2	$23.00	$12.81	$7.58	$5.86	$4.49	$3.46
Système 3	$15.51	$12.43	$10.89	$10.37	$9.97	$9.66

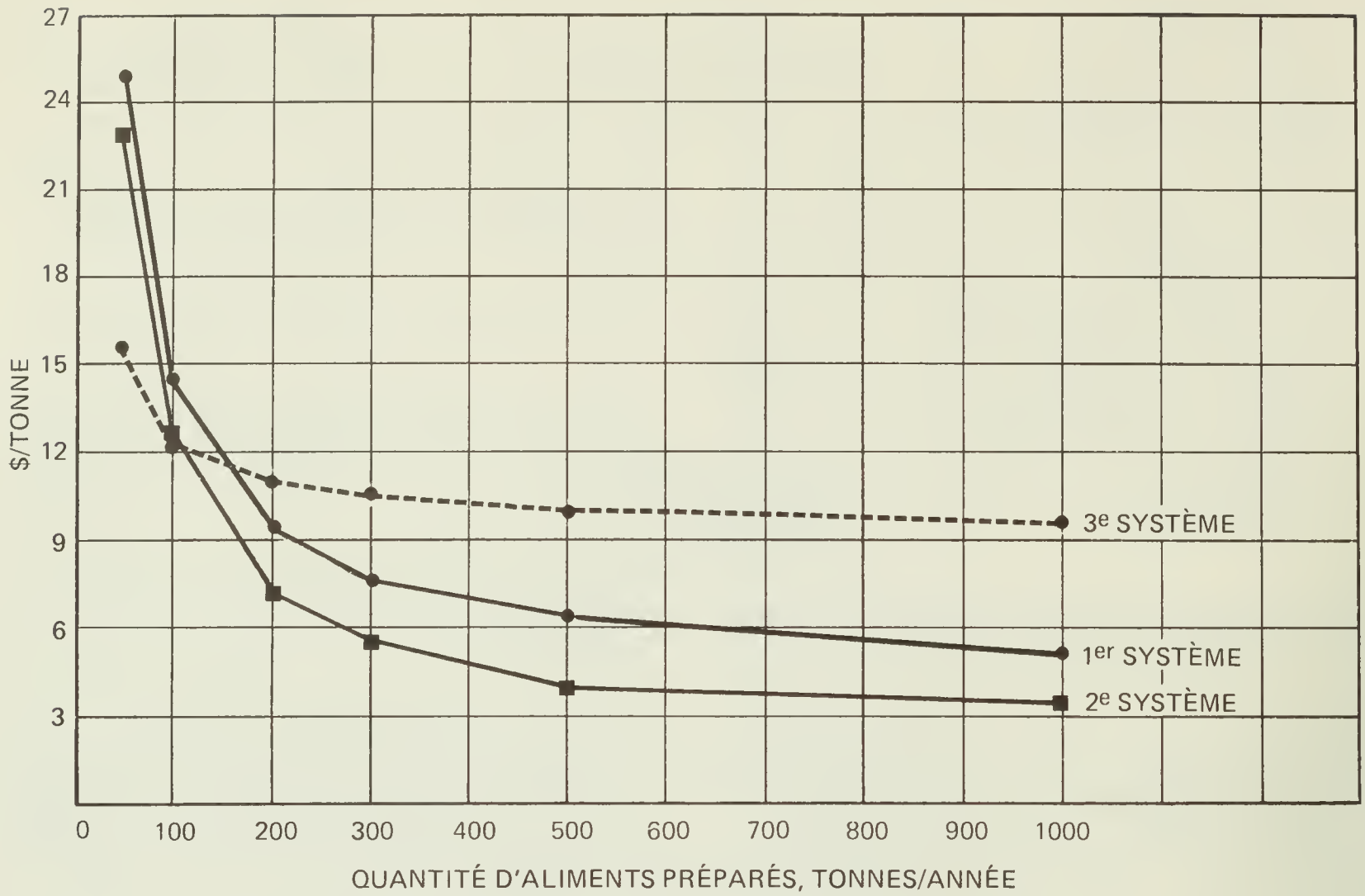


Figure 2 Comparaison des coûts de transformation des aliments

entrepôts d'ensilage et de fourrage qui serviront d'aliments bruts ou transformés. Ensuite, indiquez le trajet suivi par chaque ingrédient dans le système (figure 4). Le plan devrait comprendre le cheminement complet des aliments du moment où ils sont entreposés jusqu'à ce qu'ils soient donnés aux animaux.

Dressez maintenant un plan détaillé qui vous montrera si les méthodes et le matériel choisi conviennent bien à vos besoins. Ce plan servira aussi de dossier permanent si les travaux de construction se font par étapes. Pour le préparer, placez une feuille de papier à décalquer sur le schéma de principe pour les matériaux (figure 4) puis ajoutez-y l'emplacement de l'équipement et des installations d'entreposage (figure 5). Le papier à décalquer vous permet d'étudier plusieurs dispositions différentes par superposition sans détruire le dessin original.

INSTALLATIONS ET MATÉRIEL

Lorsque le plan de base est terminé, et que les dimensions et l'emplacement des entrepôts ont été indiqués, il faut encore choisir les installations et le matériel qui serviront à l'emmagasinage, la transformation et le transport des aliments au bétail car il en existe de différents genres et de capacités variées pour chacune de ces tâches.

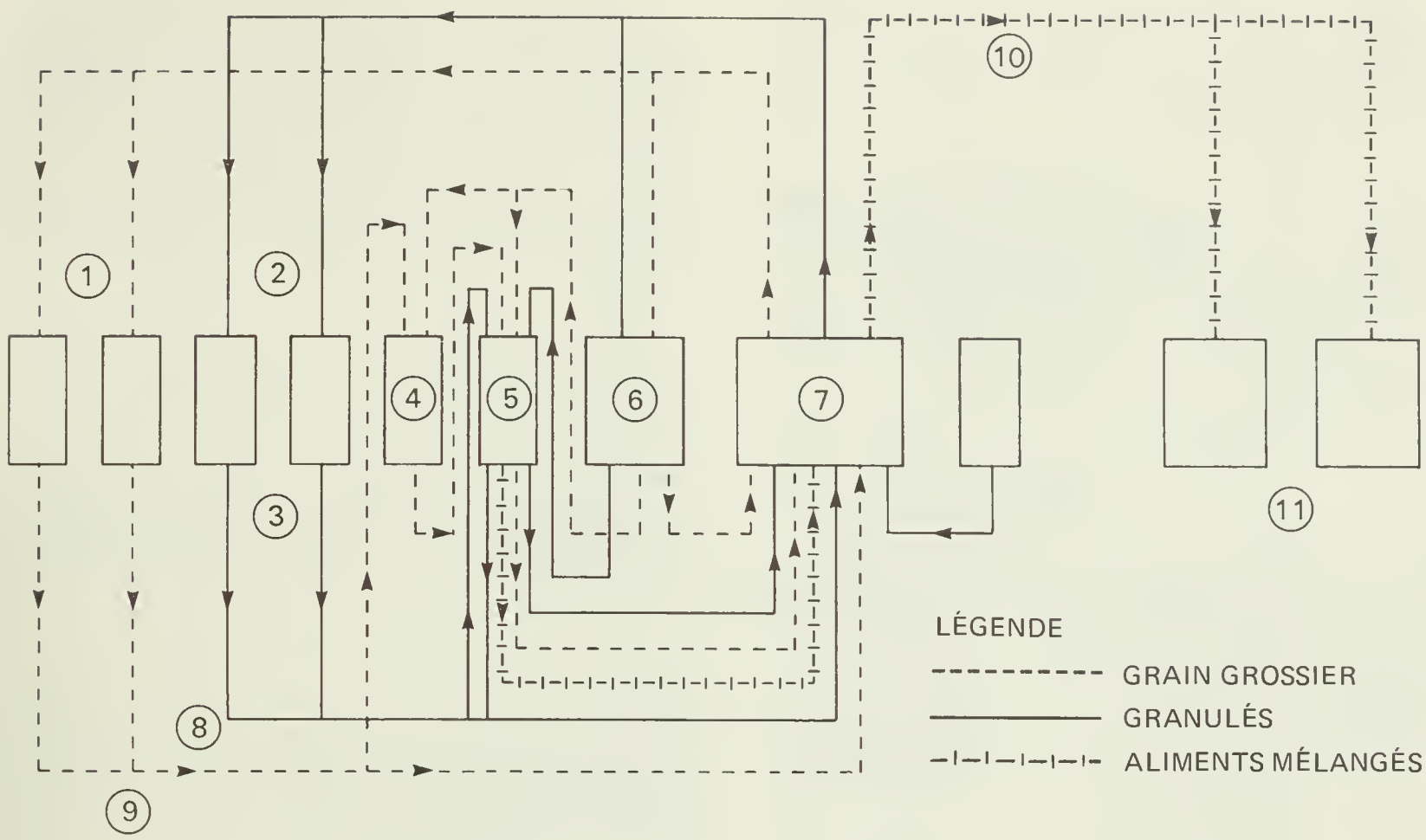
STOCKAGE

Céréales et aliments transformés

Cellules en bois Les cellules en bois peuvent être rectangulaires, rondes ou de type tunnel (Quonset). Les cellules rectangulaires peuvent être construites de pans de bois ou de murs à claire-voie comme pour les cribs à maïs. La vidange d'une cellule ordinaire ne peut être mécanisée qu'à un faible degré. Celle des constructions de type Quonset peut être entièrement, mais cette méthode n'est pas aussi commode qu'avec les cellules circulaires. Vides, les silos Quonset serviront au remisage des machines ou comme abri du bétail.

Les cellules en bois durent moins longtemps et exigent plus d'entretien que celles en acier; en outre, elles ne sont pas à l'épreuve du feu et sont plus difficiles à protéger contre les rongeurs.

Cellules en acier Ces cellules cylindriques dont la capacité de stockage varie entre 35 et 1500m^3 sont très populaires. Elles sont à l'épreuve du feu et des rongeurs et leur construction présente peu de difficultés. La vidange se mécanise facilement et on peut aisément les munir d'un plancher perforé pour sécher le grain. Il faut les ancrer convenablement à cause du vent, et le



1 ALIMENTS MÉLANGÉS

2 CELLULES À ORGE

3 CELLULES DE STOCKAGE EN VRAC SURÉLEVÉES

4 CONCENTRÉS

5 BROYEUR

6 MÉLANGEUR

7 TRÉMIE DE PESÉE

8 L'ÉLÉVATEUR

9 CELLULES DE STOCKAGE EN VRAC SURÉLEVÉES

10 GRANULÉS

11 GRAIN GROSSIER

Figure 3 Transformation des aliments (schéma de principe)

remplissage, comme la vidange, doit se faire par le centre pour empêcher les parois de bomber.

Les bâtiments en acier de type Quonset peuvent être remplis à pleine capacité sans que l'on ait besoin de tirants ou de contrevents, mais les parois verticales à chaque extrémité, doivent être renforcées. Les bâtiments métalliques à parois rectilignes peuvent également servir au stockage des céréales, mais devront être consolidés. Renseignez-vous auprès du fabricant avant de stocker les céréales contre les parois. Ces deux genres de construction peuvent être modifiés pour vidange automatique, mais plus difficilement que les cellules circulaires. Elles peuvent aussi servir à d'autres usages lorsqu'elles ne contiennent pas de céréales.

Les silos métalliques à fond en trémie sont très utiles pour le stockage des produits avant et après leur transformation. Les cellules avec trémie latérale seront réservées aux matières qui ont tendance à s'agréger après tassement, comme les concentrés et les aliments moulus. Puisque la vidange décentrée peut faire bomber la paroi latérale, ce genre de silo doit avoir une capacité maximale de 20 tonnes. Une pente abrupte de 60 à 70° permet au contenu du silo de descendre aisément. Pour les céréales entières, on recommande souvent une trémie centrale inclinée à 45°. La figure 6 illustre les deux genres de cellules à trémie dont nous venons de parler.

Les parois intérieures et le toit des cellules métalliques qui servent au stockage des céréales traitées à l'acide devront être protégés avec une peinture spéciale ou une doublure hermétique en plastique.

Cellules surélevées Pour stocker des provendes prêtes à consommer ou alimenter, par gravité, un bloc de transformation, on utilisera plutôt des petites cellules surélevées. Leurs avantages peuvent compenser leur coût élevé. Souvent ces cellules sont équipées d'interrupteurs permettant la recharge automatique à partir de silos

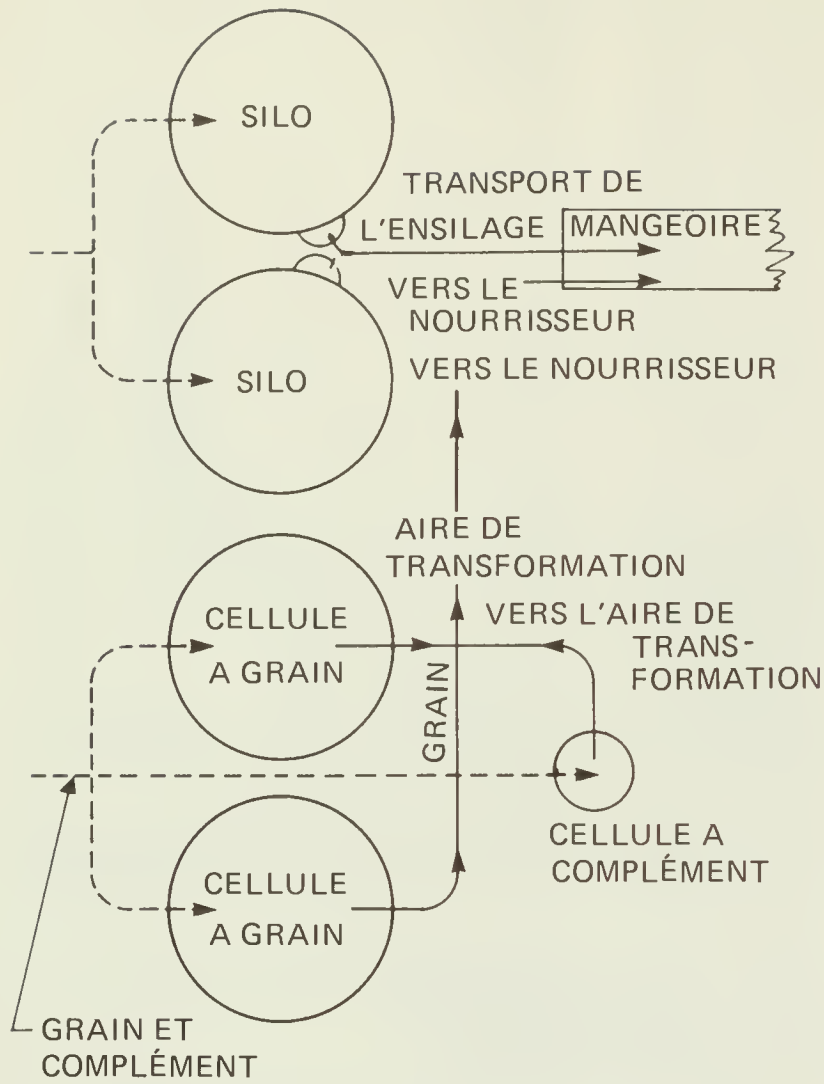


Figure 4 Trajet suivi par les aliments après leur transformation

moins coûteux au niveau du sol. Ces interrupteurs, un en bas et l'autre en haut, démarrent ou arrêtent les vis sans fin qui alimentent la cellule surélevée. La capacité de cette cellule doit être telle que le moteur qui actionne la vis sans fin ne démarre et s'arrête trop souvent. Ces cellules, offertes aujourd'hui en complément des systèmes de préparation des provendes, sont très coûteuses alors que les entrepôts qui reposent sur le sol sont aussi efficaces.

Quel que soit le genre de silo, ce dernier doit être à l'épreuve des intempéries. On étalera toujours le grain d'une façon uniforme. Assurez-vous que le grain est sec et si nécessaire, faites installer un système d'aération pour faciliter l'assèchement. Le brassage permet aussi de réduire les dommages causés par l'humidité. Les cellules devraient être disposées de façon à permettre le refroidissement des céréales lorsque celles-ci passent d'une cellule à l'autre.

Ensilage L'ensilage sera stocké dans des silos verticaux ouverts ou fermés et des silos horizontaux. Le genre choisi dépendra du montant que l'on est prêt à dépenser, de la quantité d'ensilage utilisée chaque année et du degré de mécanisation souhaité.

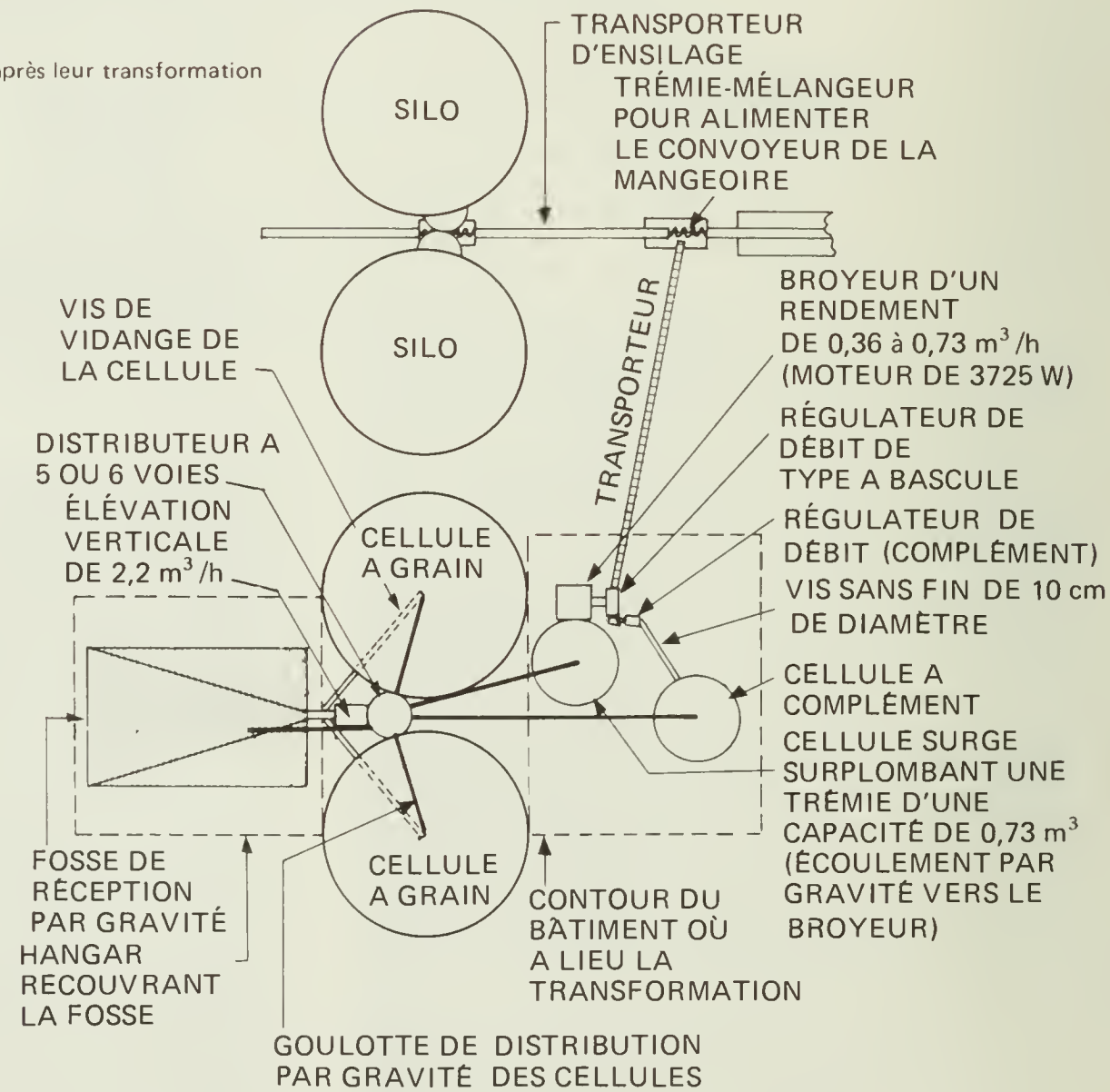


Figure 5 Matériel nécessaire au transport et à la préparation des aliments (diagramme)

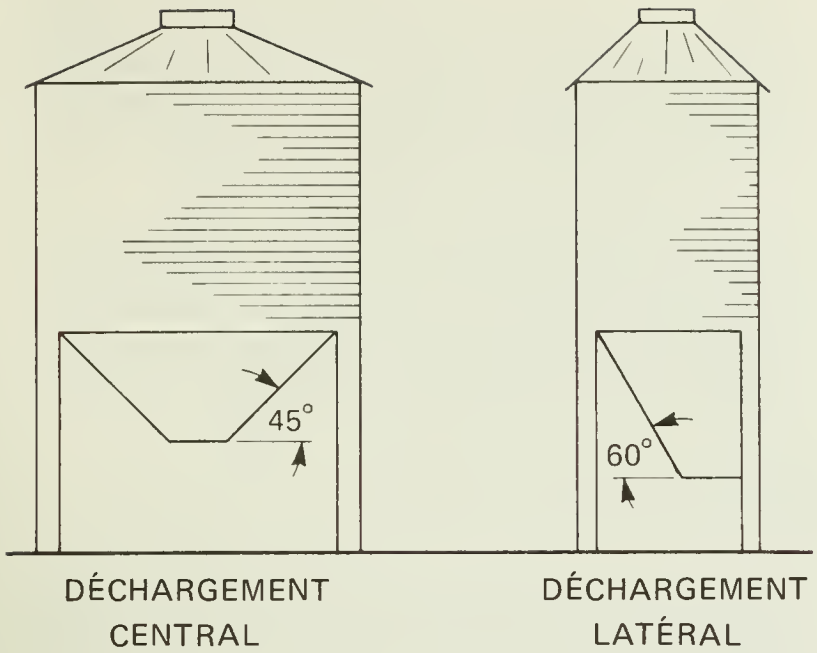


Figure 6 Deux types de cellules à fond muni d'une trémie

Silo vertical ou silo-tour Habituellement en béton, ces silos sont coulés sur place ou faits de douves en béton préfabriquées retenues par des cerceaux d'acier. On trouve aussi des silos verticaux à douves de bois cerclées d'acier. Avec une gestion convenable, les pertes d'un silo-tour se limitent à 5 – 10%.

Le silo-tour se trouvera de préférence près de l'aire d'alimentation afin de réduire les frais de désilage au minimum. L'espace qui l'entoure devra être suffisant pour ne pas gêner le déchargement des wagons et des camions. Comme le silo-tour permet la mécanisation complète de la distribution de l'ensilage aux bestiaux, on disposera les mangeoires et les étables pour en tirer avantage. Si deux silos ou plus se trouvent côte à côte, chacun devra être séparé de son voisin d'une longueur égale à son diamètre pour éviter la surcharge du sol.

Silos étanches ou fermés Ces silos ont des parois, un plancher et un toit étanches. La plupart sont doublés d'acier ou de verre; leur coût est à peu près le double de celui des silos verticaux en béton. Il en existe aussi en béton, mais ils sont plus rares. S'ils sont gérés convenablement, les pertes peuvent se limiter entre 4 et 8%. Leur disposition doit être la même que celle des silos-tours.

Silos horizontaux Les silos horizontaux ont beaucoup de popularité parce qu'ils sont économiques et exigent peu de matériel supplémentaire pour l'ensilage et la distribution. Ce genre de silo consiste parfois en une tranchée creusée dans le flanc d'un coteau (silo-tranchée) ou en deux murs de soutènement (silo-couloir) étayés par des contreforts en béton ou des poteaux traités sous pression. Les parois du silo-couloir peuvent être constituées de panneaux de béton, de bois traité avec un agent de conservation ou de contre-plaqué. Avec une gestion appropriée, les pertes d'un silo horizontal sont de l'ordre de 10 à 20%.

Comme la distribution de l'ensilage à partir d'un silo horizontal ne peut pas être très mécanisée, il n'est pas nécessaire de l'installer aussi près de l'aire d'alimentation que les silos verticaux bien que sa proximité réduise le temps du transport entre le silo et les mangeoires ou les étables.

Céréales à haute teneur en eau

Le stockage des grains à haute teneur en eau, et surtout du maïs est depuis quelque temps, très à la mode. Ce genre d'entreposage élimine la nécessité et le coût du séchage, mais il faut transformer les céréales et les servir dès leur retrait du silo ce qui exige des opérations quotidiennes de transformation. On ne doit servir aux bestiaux que ce qu'ils peuvent consommer dans une journée car ces aliments moisissent rapidement lorsqu'ils restent dans les mangeoires.

Les grains à haute teneur en eau seront emmagasinés dans un silo-tour ou un silo horizontal. Le maïs moulu (égréné ou en épi) est habituellement stocké dans des silos verticaux et le maïs entier épluché, dans des silos étanches se vidant par le fond. Un désileur par le fond, spécialement conçu pour l'ensilage, doit être modifié avant de pouvoir servir au maïs à haute teneur en eau.

Foin

La plupart des exploitations agricoles utilisent le foin en balles, mais de nouveaux moyens de mécanisation remettent le foin en vrac et le foin haché en vogue.

Meules Les récolteuses de foin en vrac ramassent très souvent le foin en andain, le hachent et le soufflent dans un emmeuleur. Lorsque la meule est terminée, on la dépose à terre et tout recommence. Plus tard, elles seront chargées mécaniquement sur le chariot et transportées à l'aire de stockage définitive. Certaines de ces machines servent aussi à remplir les mangeoires de foin.

Balles Les abris à charpente de poteaux sont très fréquents pour l'entreposage des balles de foin. Lorsque la construction est assez haute, c'est-à-dire 5 m et plus, on pourra utiliser un chariot à auto-déchargeur. Ces abris ont souvent des mangeoires d'un ou des deux côtés afin de réduire le travail requis pour nourrir les animaux. Si le foin doit être transformé avant de servir au bétail, l'abri devra être facile d'accès au matériel mobile de transformation ou se trouver à proximité des installations fixes afin de permettre l'emploi d'un convoyeur.

Certaines régions montrent de plus en plus une préférence pour les grosses balles pesant jusqu'à 1400 kg. Ces dernières se conservent bien sans abri pourvu qu'elles ne se touchent pas. La manutention des balles et l'alimentation des animaux posent néanmoins quelque problèmes.

Tour à foin Les chercheurs de la Station fédérale de recherche de Melfort étudient actuellement un projet de tour à foin (figure 7) qui pourrait aboutir à un système d'alimentation au foin entièrement automatique. Cette tour comprend aussi des installations de séchage artificiel afin de réduire la perte de matière sèche durant la récolte et l'entreposage et la dépendance des travaux de récolte aux conditions climatiques.

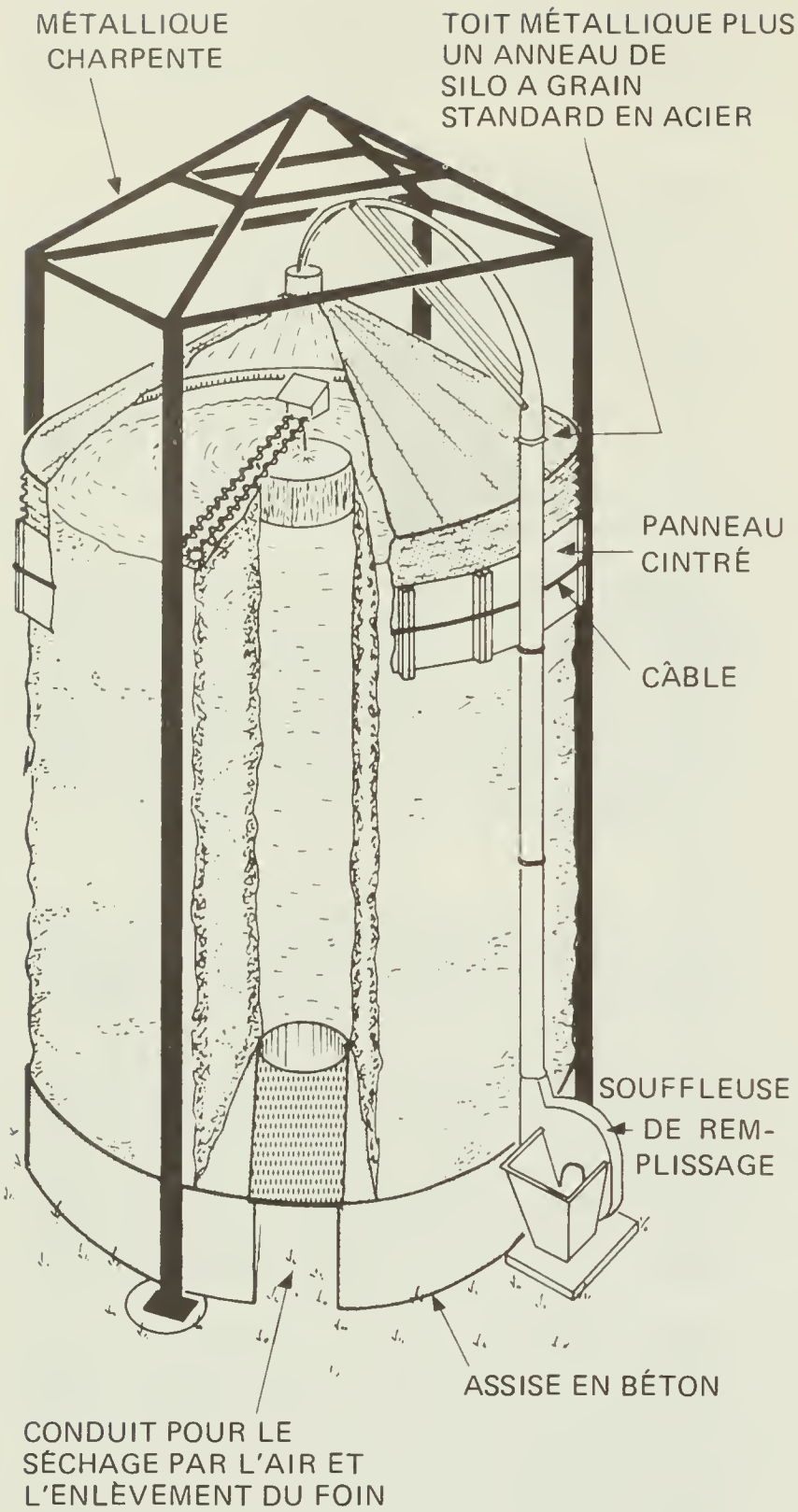


Figure 7 Tour à foin

Ensilage semi-humide Il s'agit essentiellement du fourrage (graminées ou légumineuses) préfané en champ avant l'ensilage dont la teneur en eau varie entre 40 et 60%. Le fourrage est ensilé de la manière habituelle, mais il peut adhérer à la souffleuse. Aussi pour éviter un blocage éventuel, on y versera de l'eau après chaque chargement.

Les silos anaérobies (silos étanches) sont très utilisés pour le fourrage semi-humide et sont particulièrement recommandés pour le mi-fané (35 – 50% d'eau). Une des caractéristiques essentielles du système est le dessilage par le fond qui permet l'alimentation ininterrompue du bétail pendant toute la saison même lors du remplissage du silo.

Un silo-tour en béton bien fermé coûte deux fois moins cher qu'un silo étanche pour 5% de pertes supplémentaires au maximum. Les fourrages ensilés dans une structure en béton devraient avoir une teneur en eau de 50 à 60% pour un meilleur tassage et scellage.

Les silos horizontaux sont moins employés que les silos-tours pour l'ensilage semi-humide. Néanmoins, certaines études montrent qu'il est possible d'accroître leur efficacité en les fermant hermétiquement avec une feuille de plastique épais et une corde, de vieux pneus ou un autre moyen de fixation facile à enlever.

MANUTENTION ET TRANSPORT

Le choix de convoyeurs est très vaste et dépendra de la distance que les aliments doivent parcourir, de l'énergie disponible, du type de bétail et de la protection dont l'appareil jouit contre les intempéries. Choisissez un convoyeur capable d'absorber la quantité d'aliments que lui fournissent les autres composantes du système, comme l'illustre la figure 8. Cette recommandation s'applique à tous les convoyeurs et non seulement aux vis sans fin. Pour raison d'efficacité, on évitera les engorgements tant à l'arrivée des céréales qu'à l'enlèvement des aliments transformés.

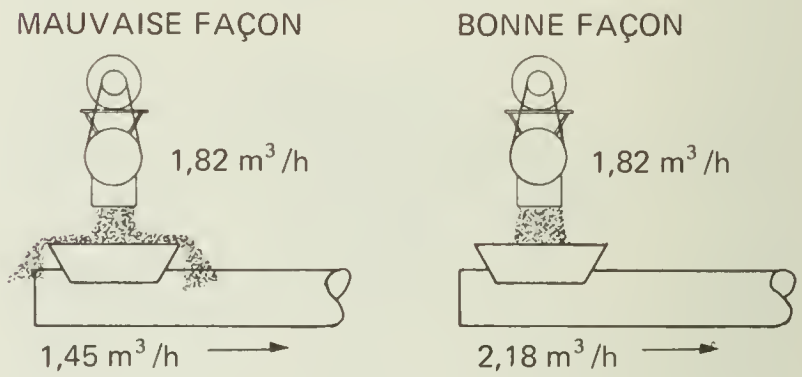


Figure 8 Le choix d'un bon transporteur évite l'engorgement du système d'alimentation

Fosse de déchargement

Les fosses de déchargement ou trémies de réception en vrac peuvent se trouver au-dessus ou au-dessous du niveau du sol. Il existe une grande variété de trémies de réception qui reposent sur le sol et comprennent, entre autres, la trémie métallique mobile (figure 9). Cette dernière est équipée d'un convoyeur à vis qui alimente une vis sans fin inclinée. Ces trémies ne nécessitent ni excavation ni bétonnage, mais le déchargement en vrac d'un seul coup est impossible. La figure 10 représente une trémie qui permet le déchargement d'un coup d'un camion et que l'on peut poser sur le sol.

Les fosses de déchargement ont une plus grande capacité allant jusqu'à une charge de camion (figures 11, 12 et 13). Les plus grandes fosses sont conçues pour une décharge rapide. Les fosses de déchargement en vrac doivent mesurer de 3 à 4 m de profondeur et avoir des parois inclinées d'au moins 45°. Elles seront construites

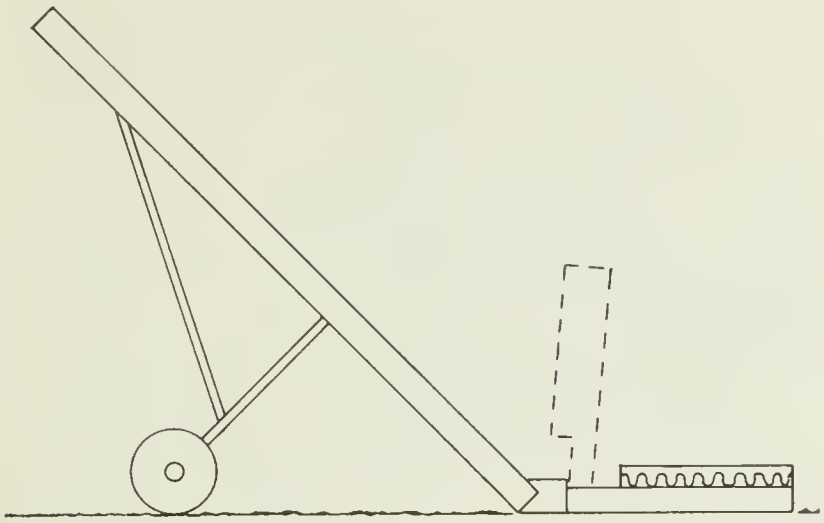


Figure 9 Trémie métallique mobile munie d'une vis sans fin et alimentant un convoyeur à vis incliné

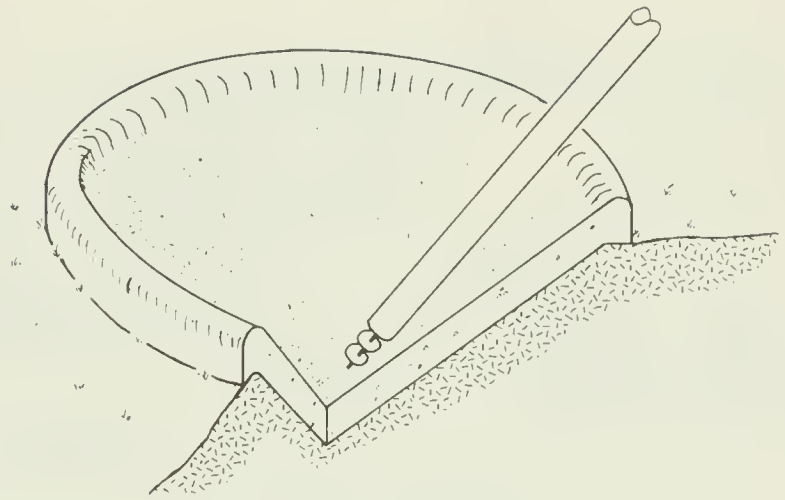


Figure 11 Trémie en béton

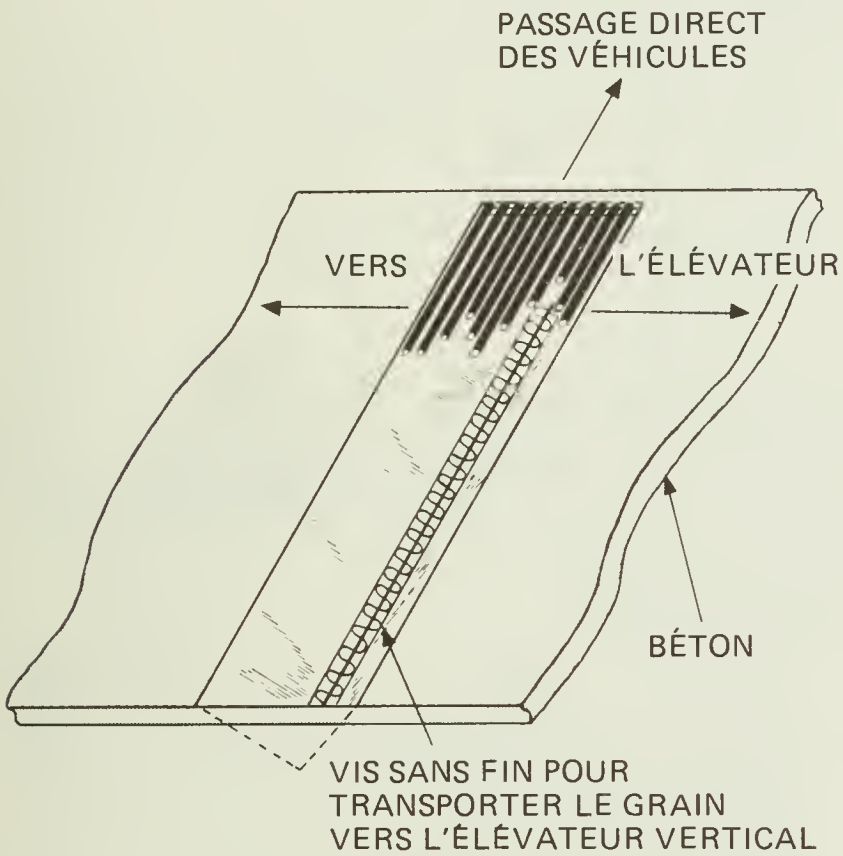


Figure 10 Tablier en béton muni de vis sans fin transversales dans une tranchée peu profonde

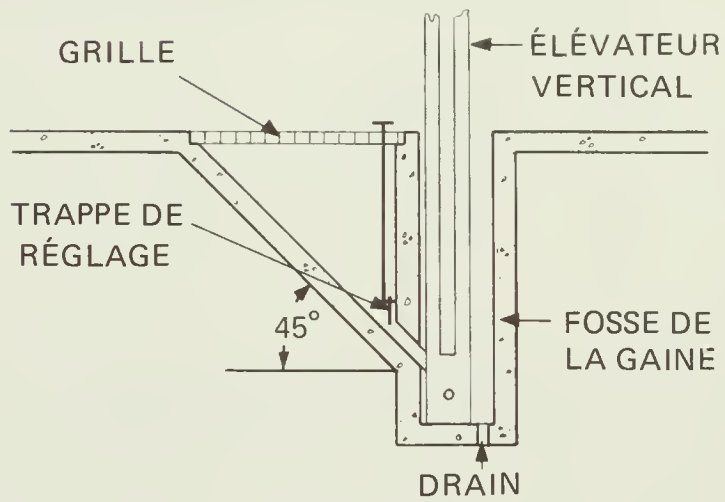
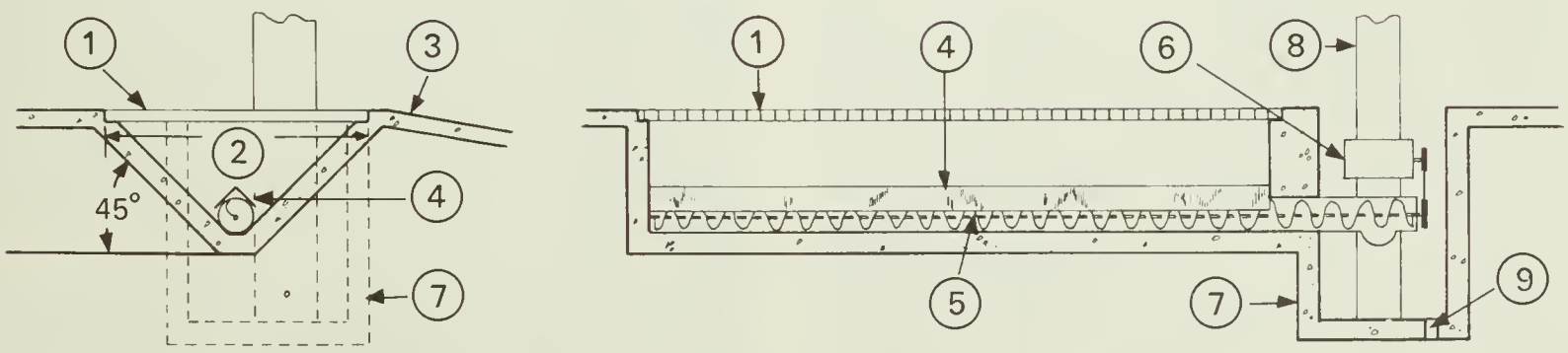


Figure 12 Fosse de réception



1 GRILLE
2 MINIMUM DE 1 m
3 BÉTON
4 COUVRE-VIS
5 VIS DE 15 cm DE DIAMÈTRE
6 COMMANDE DE LA VIS SANS FIN
7 FOSSE DE LA GAINE
8 ÉLÉVATEUR VERTICAL
9 DRAIN

Figure 13 Fosse de réception munie d'un transporteur à vis

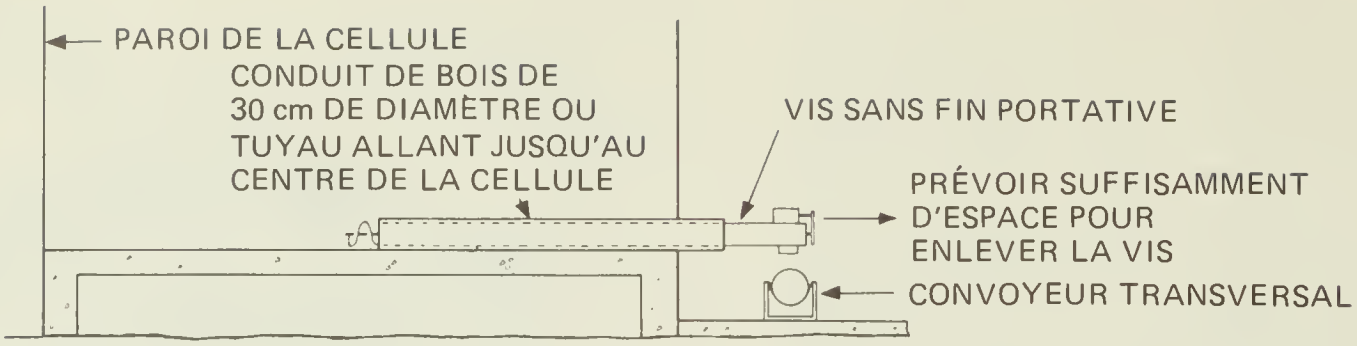


Figure 14 Vis de vidange sur le plancher

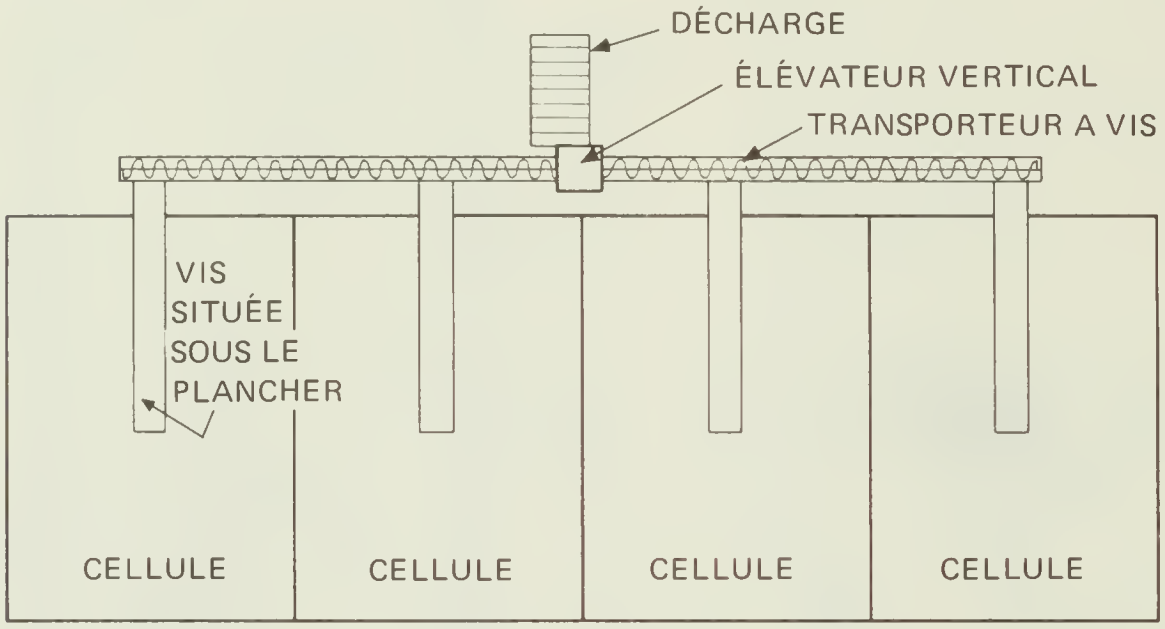


Figure 15 Vis de vidange sous le plancher et transporteur à vis transversal

en béton armé. Si la teneur en eau du sol crée un problème, il faudra chercher une autre méthode. Le fond de la fosse sera muni d'un drain et celui-ci sera protégé par un couvercle étanche. Pour actionner la vis horizontale, le système de la figure 13 nécessite un moteur de plus que celui de la figure 12.

Vidange de la cellule

Dans les systèmes mécanisés qui utilisent un élévateur, les vis sans fin de surface ou souterraines (figures 14 et 15) retirent le grain de l'entrepôt et le transfèrent sur les transporteurs latéraux, qui le déposeront dans l'élévateur chargé d'alimenter le matériel de transformation ou le bétail. Les vis sans fin des figures 14 et 15 peuvent servir aux cellules d'entreposage rectangulaires ou circulaires.

La figure 16 illustre un transporteur situé sous le plancher et une vis balayeuse portative servant à retirer le grain des cellules circulaires. La trémie de la figure 17 prend place au fond de la cellule circulaire dans une excavation prévue à cet effet. Cette méthode augmente l'aire d'entreposage et facilite le déchargement, mais la teneur en eau du sol peut poser un problème. Les cellules de stockage surélevées, munies de trémies (voir la section "Stockage") facilitent aussi l'enlèvement du grain.

Vis sans fin

Lorsque le système de distribution centralisé n'est pas utilisé ou emploie souvent une vis sans fin inclinée pour transférer le grain dans la cellule, ces vis sont actionnées soit par un moteur électrique, soit par un moteur à essence, ou encore par la prise de force d'un tracteur. Le débit de la vis dépend de ses dimensions, de la vitesse de rotation, de la denrée transportée, de l'angle d'inclinaison, de l'énergie disponible et de la capacité du convoyeur en amont. Le débit de la vis sans fin diminue d'au moins 50% lorsque la teneur en eau du grain passe de 10 – 12% à 20 – 30%. Passé 1000 r/min le débit reste stationnaire, la consommation d'énergie augmente. La consommation d'énergie est directement proportionnelle à sa longeur. Les tableaux 4,5,6 et 7 comparent le débit et la puissance requise pour y arriver.

Les vis verticales sont plus économiques pour des petites ascensions à faibles débits mais leur forte consommation d'énergie ne permet pas qu'on les utilise pour les élévations plus longues à grand débit. Les corps étrangers (bouts de bois, pierres, etc.) peuvent les endommager. Il est pratiquement impossible de les réparer sans avoir recours à une grue pour soulever la vis. Ces vis verticales ont habituellement un pas court et une vitesse élevée sans coussinets intermédiaires. Le tableau 8 compare les

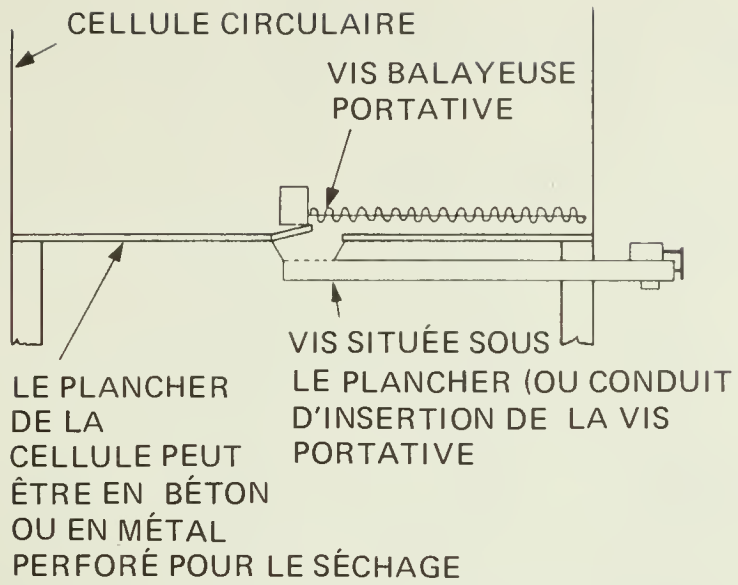


Figure 16 Vis balayeuse portative dans une cellule circulaire

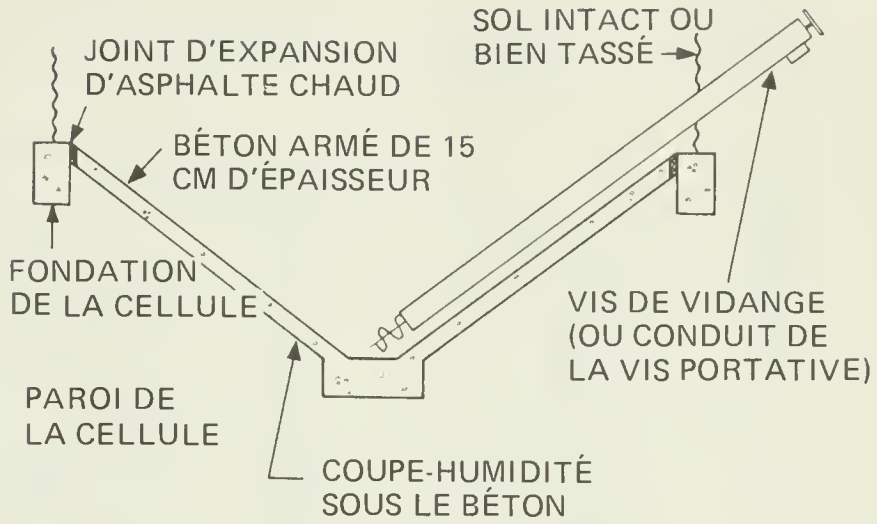


Figure 17 Cellule à fond muni d'une trémie souterraine

TABLEAU 4 – RENDEMENT D'UNE VIS TRANSPORTEUSE DE 20 cm FONCTIONNANT A 500 r/min ET INCLINÉE A 30°

Grain	Rendement, m^3/h
Blé	2275
Avoine	2525
Orge	2150

TABLEAU 5 – RENDEMENT D'UNE VIS TRANSPORTEUSE DE 10 ET 15 CM EN FONCTION DE LA PUISSANCE DU MOTEUR QUI L'ACTIONNE

			Vis transporteuse de 10 cm				Vis transporteuse de 15 cm		
			Rendement maximum m^3/h[1]				Rendement maximum		
Vitesse r/min	Angle par rapport à l'horizontale	W/3 m de longueur (valeur approximative)	Blé	Avoine	Aliment moulu	W/3 m de longueur (valeur approximative)	Blé	Avoine	Aliment moulu
	0	161[2]	0,80	0,73	0,80	366[2]	2,95	2,80	3,24
	30	190	0,62	0,58	0,84	388	2,16	2,07	2,84
300	45	190	0,51	0,51	0,69	440	1,78	1,71	2,18
	60	183	0,38	0,38	0,58	381	1,35	1,25	2,00
	90	154	0,22	0,14	0,16	330	0,84	0,84	1,82
	0	205	1,05	0,94	1,05	440	3,64	3,27	3,75
	30	249	0,78	0,73	0,85	520	2,58	2,36	3,20
400	45	249	0,69	0,62	0,92	513	2,11	1,93	2,43
	60	234	0,54	0,47	0,78	469	1,67	1,47	2,18
	90	205	0,29	0,22	0,62	403	1,20	0,98	2,04
	0	256	1,53	1,24	1,82	586	4,11	3,82	4,62
	30	337	1,09	0,98	1,91	623	3,09	2,65	3,49
600	45	344	0,91	0,80	1,42	660	2,51	2,18	2,98
	60	337	0,74	0,64	1,18	630	2,09	1,71	2,62
	90	300	0,51	0,33	0,87	586	1,64	1,24	2,36
	0	308	1,58	1,29	2,54	469	4,00	3,64	
	30	403	1,25	1,09	2,36	718	3,16	2,67	
800	45	454	1,09	0,96	1,82	755	2,60	2,18	
	60	425	0,89	0,74	0,74	770	2,16	1,74	
	90	315	0,60	0,41	1,05	740	1,69	1,29	

[1] Teneur en eau = 10 – 20%.
[2] Puissance nécessaire à l'arbre de transmission (W), consulter le tableau 7 pour la puissance du moteur.

TABLEAU 6 – RENDEMENT D'UNE VIS TRANSPORTEUSE DE 10 ET 15 cm (TRANSPORT DU MAÏS) EN FONCTION DE LA PUISSANCE DU MOTEUR QUI L'ACTIONNE

		vis transporteuse de 10 cm			vis transporteuse de 15 cm		
vitesse r/min	angle par rapport à l'horizontale	W/3 m de longueur (valeur approximative)	Capacité m^3/h	Aliment moulu	W/3 m de longueur (valeur approximative)	Rendement m^3/h	Aliment moulu
	0	45	0,54	–	278	2,14	–
200	45	110	0,44	–	322	1,82	–
	90	80	0,22	–	234	0,73	–
	0	212	1,05	1,05	410	3,96	3,75
400	45	212	0,80	0,98	645	3,09	2,44
	90	176	0,47	0,62	513	1,89	2,04
	0	315	1,71	–	–	–	–
700	45	381	1,27	–	–	–	–
	90	300	0,80	–	–	–	–
	0	–	–	0,36	784	6,40	–
800	45	–	–	1,82	1187	4,98	–
	90	–	–	1,05	967	3,24	–

[1] Puissance nécessaire à l'arbre de transmission (W); consulter le tableau 7 pour la puissance du moteur.

TABLEAU 7 – PUISSANCE RECOMMANDÉE POUR LES MOTEURS ÉLECTRIQUES ET À ESSENCE

Puissance requise pour le convoyeur d'après les tableaux 5 et 6	Puissance recommandée pour le moteur électrique (W)	Puissance recommandée pour le moteur à essence (W)
plus de 198 W	185	372
205 à 256	245	490
264 à 403	372	745
410 à 586	560	1115
601 à 806	745	1490
813 à 1172	1115	2235
1180 à 1540	1490	2980
1546 à 2345	2235	3725
2352 à 3848	3725	5960

besoins d'énergie de transporteurs verticaux et d'élévateurs à godets de débit varié.

Élévateurs à godets

Les élévateurs à godets consomment moins d'énergie, ont un rendement élevé, font peu de bruit et sont faciles à entretenir. A l'achat, ils coûtent plus que les vis sans fin, mais leur coût d'exploitation est plus bas. Les godets sont fixés à une courroie ou une chaîne et sont disponibles sous plusieurs formes et différentes grandeurs. Le tableau 8 donne la puissance requise pour faire fonctionner différents élévateurs à godets.

Transporteurs pneumatiques

Le transport pneumatique des céréales à la ferme est relativement nouveau. Ses avantages sont: une construction simple, la capacité de tourner les coins, un contrôle facile et la location de toutes les pièces mobiles dans un même endroit. Cependant, l'énergie consommée est très élevée et les rations moulues peuvent se séparer pendant le trajet.

Les convoyeurs pneumatiques fonctionnent à faible, moyenne ou haute pression. Dans le premier cas, il faut compter au maximum 250 Pa (ou 0,25 kPa) et un rapport air-solide assez faible (500 g de solides par 1 kg d'air). Les systèmes intermédiaires fonctionnent à une pression d'environ 35 kPa. L'air provient habituellement d'un ventilateur centrifuge ou d'une pompe rotative à déplacement positif. En raison de la pression, il faut utiliser une trémie étanche, une soupape rotative ou un convoyeur à vis hermétique. Le rapport air-solide y varie de 0,5:1 à 6. Les convoyeurs pneumatiques à haute pression fonctionnent à une pression maximale de 175 kPa et doivent être munis d'une pompe rotative à déplacement positif et ne fonctionnent que sous pression. Un rapport aussi élevé que 30:1 a déjà été atteint.

Les convoyeurs pneumatiques peuvent fonctionner sous une pression positive ou négative. La pression positive sert généralement au transport de matériaux vers plusieurs points à partir d'un point unique. Avec la pression négative, les denrées sont aspirées ce qui assure un fonctionnement plus propre lorsque les denrées n'ont pas été nettoyées. Le transport converge habituellement de plusieurs points vers un seul.

TABLEAU 8 – PUISSANCE REQUISE PAR LES ÉLÉVATEURS A GODETS ET LES VIS TRANSPORTEUSES VERTICALES (VALEUR APPROXIMATIVE)

Capacité m^3/h		Élévation (m)						
		4,50	6,00	7,50	9,00	12,25	15,25	18,25
0,75	Godets (3 x 4 po)	250	50	375	375	375	575	775
	Vis transporteuse (4 po)	575	575	775	1150	775	1550	2325
1,50	Godets (4 x 5 po)	375	375	575	375	775	1150	1150
	Vis transporteuse sans fin (6 po)	775	1150	1550	1550	2325	2325	3875
2,25	Godets (4 x 6 po)	375	375	575	575	775	1150	1550
	Vis transporteuse sans fin de 6 po ou vis de 8 po	1550	1550	2325	2325	3875	3875	5800
3,00	Godets (4 x 7 po)	575	575	575	775	1150	1550	1550
	Vis transporteuse sans fin (8 po)	1550	1550	1550	2325	3875	5800	7750
3,75	Godets (5 x 9 po)	775	1150	1150	1150	1550	1550	2325
	Vis transporteuse sans fin distributeur de 8 po à cannelures ou vis de 10 po)	775	1150	1150	1150	1550	1550	2325
4,50	Godets (5 x 9 po)	1550	2325	3875	3875	5800	7750	11600

L'énergie mécanique et le débit des systèmes de convoyage pneumatique dépendent de la longueur et du diamètre des canalisations, du nombre de coudes, de la hauteur à laquelle il faut élever les matériaux et de la densité de ces derniers. Un exemple de système de transport pneumatique est illustré à la figure 18.

Transport par gravité

Le convoyage par gravité permet aux produits de tomber ou de glisser d'un endroit à un autre grâce à leur propre poids, et dépend largement de leurs propriétés d'écoulement. Les conduits devront être assez larges et avoir une pente suffisante pour que les matériaux s'écoulent librement. Ils ne doivent présenter aucun étranglement ni saillie.

Dans les élevages, ce système relie les silos surélevés au broyeur et alimente ce dernier en grain brut ou, si les silos renferment les aliments transformés, transfère ceux-ci dans un chariot ou sur un convoyeur avant leur distribution aux animaux. Le convoyage par gravité permet aussi de remplir les cellules de stockage de grain, lorsque ce dernier est élevé par un système de convoyeurs à vis verticale, à godets ou pneumatiques. La figure 19 montre comment le transport par gravité peut servir au remplissage des silos. Le compartiment de prédistribution permet au grain de tomber verticalement dans le silo pour un chargement uniforme.

Les distributeurs de la figure 20 contrôlent l'écoulement du grain. Certains distributeurs peuvent contrôler le débit dans presque 12 directions. Lorsque vous choisissez un distributeur, prenez-en un doté d'ouvertures supplémentaires au cas où vous désireriez agrandir vos installations.

Hauteur de l'élévateur vertical La hauteur d'un élévateur à godets doit tenir compte des trémies, du distributeur ou des valves au sommet, et de l'espace prévu pour la roue motrice (figure 21). La distance qui sépare la trémie de l'extrémité inférieure du distributeur correspond à la hauteur réelle d'élévation. La distance d'écoulement a un rapport de 1:1 entre la gaine et le point de remplissage du silo lorsque la pente est de 45°, un rapport de 3:4 lorsque la pente est de 37°, et de 5:4 lorsqu'elle est de 60°.

Ex: Si le point de remplissage se trouve à 10 m du sol, que la pente est de 45° et que l'élévateur est à 7 m du centre du silo, la hauteur réelle de l'élévation sera de 17 m (10 + 7), (soit 30 pieds à 45° à 24 pieds du silo = hauteur réelle 54 pieds).

Angle d'écoulement L'angle d'écoulement dépend du produit. Un angle aussi faible que 30° a déjà été utilisé avec succès pour des grains secs. Ceci n'est pas recommandé. Nettoyez les conduits rouillés à l'aide de grain vitreux sec avant de les utiliser pour des grains humides ou agglomérés. Les planchers de bois ou d'acier, vernis ou polis, réduisent la friction et améliorent l'écoulement. Le tableau 10 indique la déclivité des goulottes et planchers recommandée pour diverses provendes.

Comment déterminer l'emplacement d'un élévateur entre deux silos? Afin de remplir deux silos de hauteurs différentes à l'aide du même élévateur, il est

Figure 18 Système de transport pneumatique

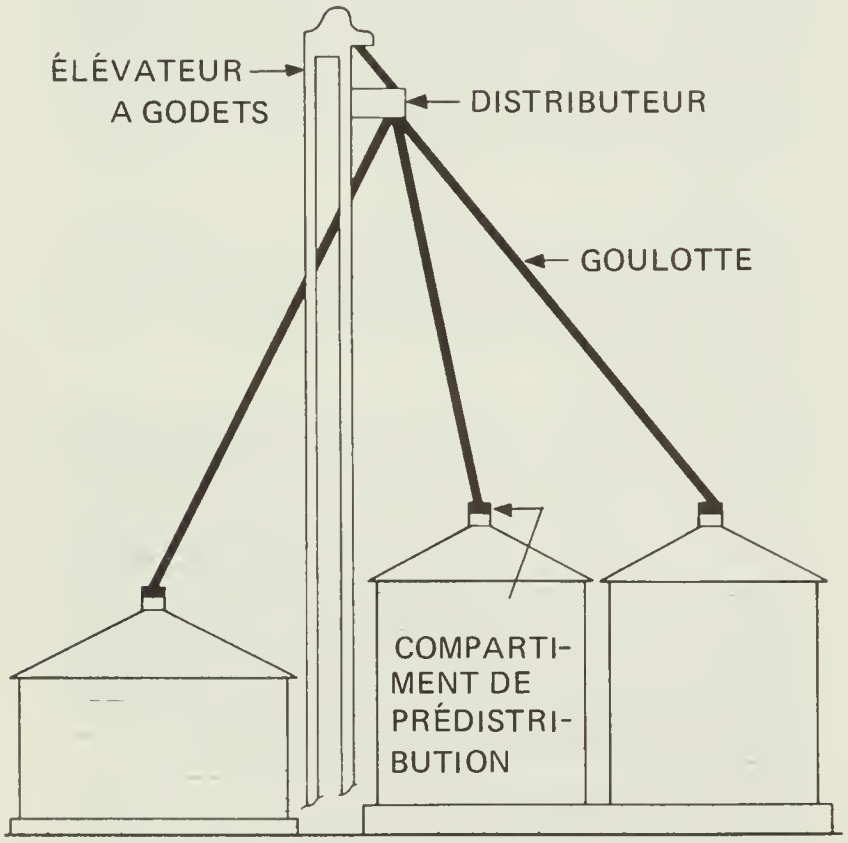


Figure 19 Distribution par gravité aux cellules de stockage

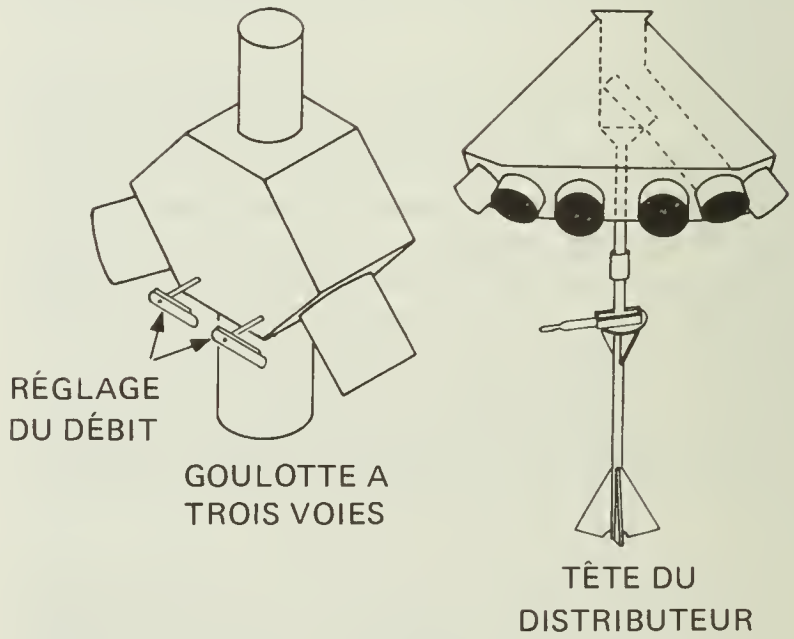


Figure 20 Deux types de distributeurs

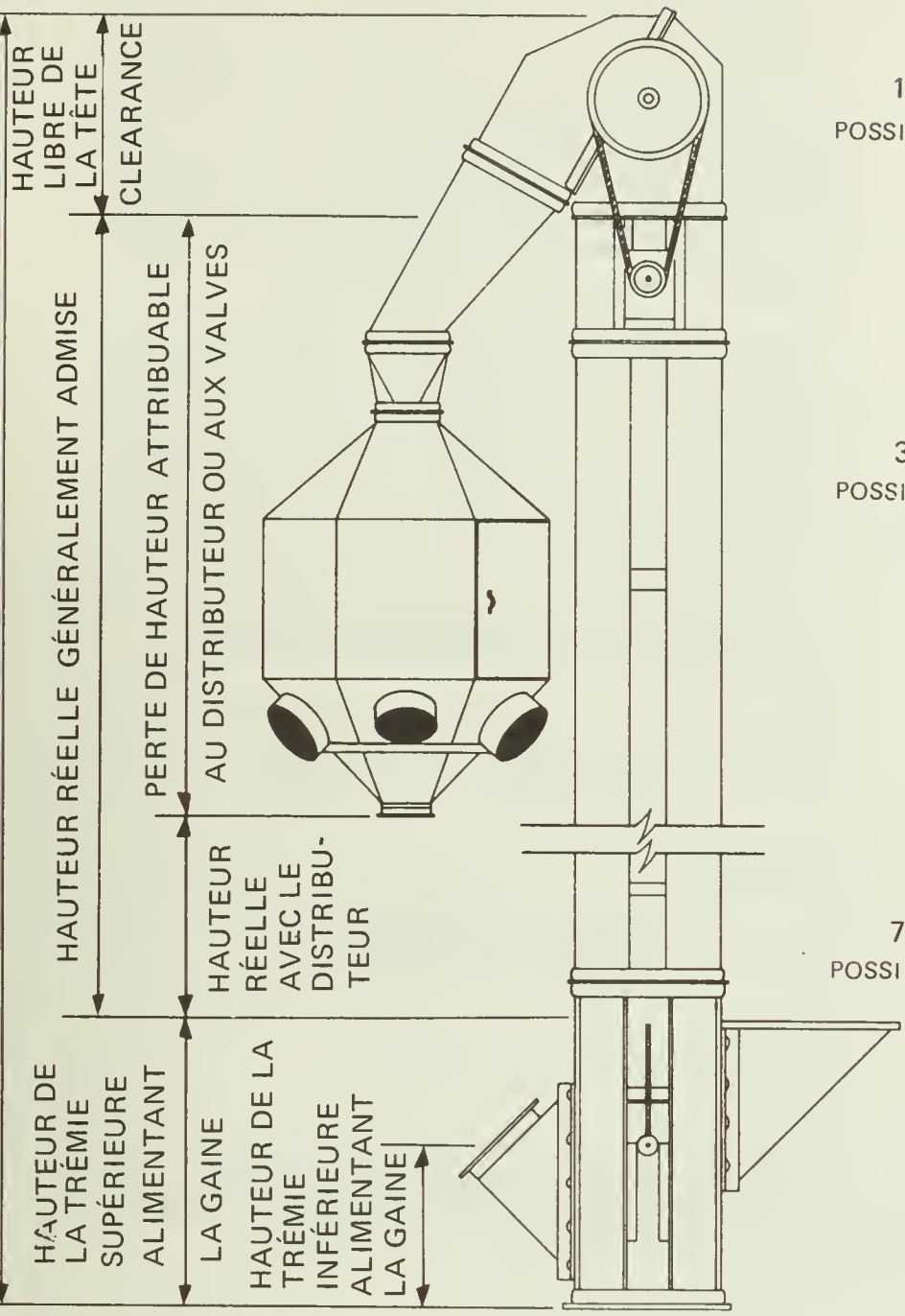


Figure 21 Dimensions de la gaine montrant la trémie, le distributeur et la hauteur totale de l'élévateur

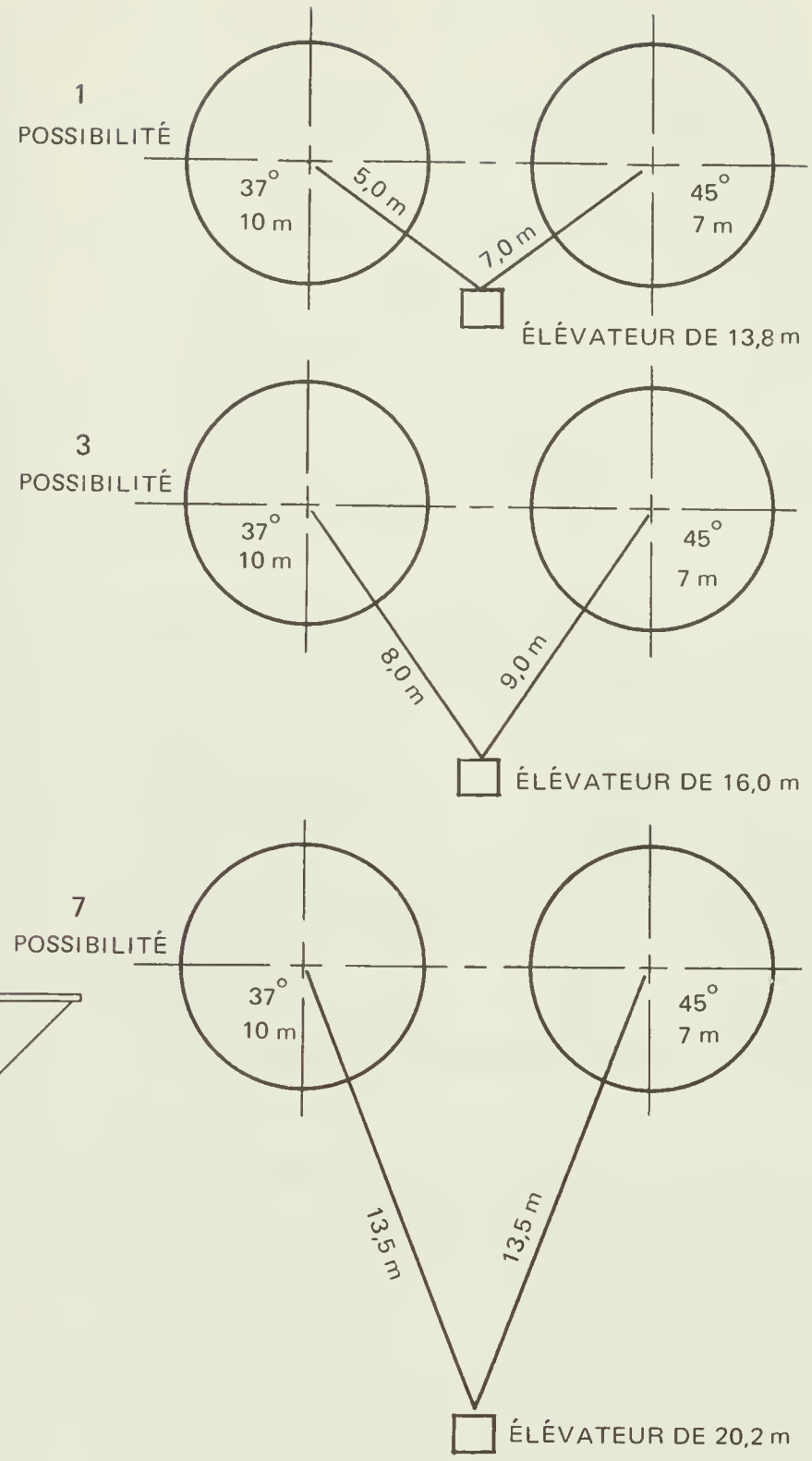


Figure 22 Emplacement d'un élévateur entre deux silos de hauteurs différentes et de goulottes différentes. Remarquez les trois possibilités.

nécessaire de le placer de telle façon que la déclivité des goulottes conviendra aux provendes manipulées. Le tableau 9 donne les valeurs D, H et L pour des pentes de 37, 45 et 60° (voir figure 23). A l'aide de cette table, il est facile de savoir ou placer l'élévateur.

Ex: Prenons deux silos, l'un de 10 m de hauteur pour grain sec (37°) et l'autre de 7 m pour grain humide (45°). Puisque la différence de hauteur est de 3 mètres, la valeur H pour 37° devra être inférieure de 3 de celle de 45°. Il y a plusieurs possibilités. La différence ne sera pas toujours exactement 3 mais devrait être aussi proche que possible de 3 (voir figure 22).

Notez que plus la valeur D est petite et plus l'élévateur sera petit et par conséquent plus son coût sera faible tel que celui des goulottes et des convoyeurs. Toutefois la valeur la plus faible de D ne peut pas être inférieure aux rayons combinés du silo et de l'élévateur.

De la table 9 nous avons les possibilités suivantes:

Possibilités	37°			45°		
	D	H	L	D	H	L
1	5,0	3,8	6,3	7,0	7,0	9,9
2	6,5	4,9	8,1	8,0	8,0	11,3
3	8,0	6,0	10,0	9,0	9,0	12,7
4	9,0	6,8	11,3	10,0	10,0	14,1
5	10,0	7,5	11,9	10,5	10,5	14,8
6	11,5	8,7	14,4	11,5	11,5	16,3
7	13,5	10,2	16,9	13,5	13,5	19,1

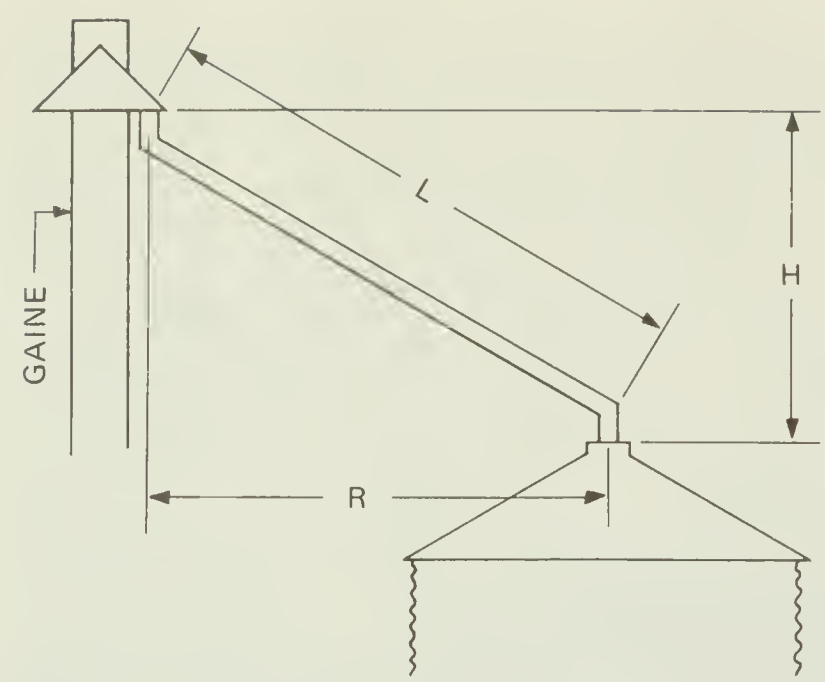


Figure 23 Distance, longueur et hauteur (tableau 9)

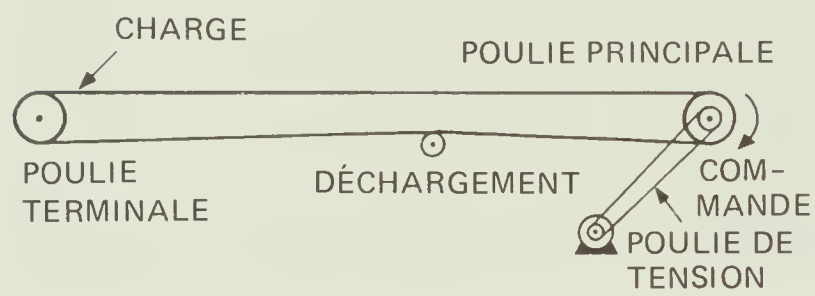


Figure 24 Convoyeur à bande montrant les diverses poulies

Convoyeur à bande

Comme on peut le voir à la figure 24, un convoyeur à bande est constitué d'une bande sans fin tournant autour de deux poulies. Ce sont des convoyeurs d'efficacité moyenne, excellents pour les produits fragiles, au coût d'achat élevé, mais de coût d'opération faible. L'inclinaison ne doit pas dépasser 15° pour le grain. Le tableau 11 compare le débit de différents convoyeurs.

Il existe trois genres de convoyeurs à bande (figure 25). La bande concave servira au transport des granulés ou des agglomérés. Les rouleaux ordinaires pourront servir au retour de la courroie ou, si le convoyeur a des côtés, pour transporter de gros objets. La bande glissante peut être utilisée de la même façon que la bande à rouleaux ordinaire, mais elle doit se limiter à de brefs parcours et à des charges légères. Une table de soutien métallique ou en bois lisse réduit la friction et l'usure de la bande.

TABLEAU 10 – ANGLE APPROXIMATIF DE LA GOULOTTE ET PENTE DU PLANCHER (TRANSPORT PAR GRAVITÉ)

Produit	Angle ou pente du plancher de la goulotte	Pente (hauteur/longueur)
Grain, sec	37	3/4:1
Grain, humide ou gourd	45	1:1
Agglomérés	45	1:1
Farine	60	1:3/4

TABLEAU 9 – DISTANCE SÉPARANT LA BASE DE DÉCHARGE DE L'ÉLÉVATEUR ET LA GOULOTTE ET LONGUEUR DU CONVOYEUR POUR LE TRANSPORT DES ALIMENTS DU BÉTAIL PAR GRAVITÉ

	Grain sec 37°		Grain humide 45°		Aliments 60°	
Distance élévateur-silo D (m)	Longueur (m) L	Hauteur (m) H	Longueur (m) L	Hauteur (m) H	Longueur (m) L	Hauteur (m) H
5,0	6,3	3,8	7,1	5,0	10,0	8,7
5,5	6,9	4,1	7,8	5,5	11,0	9,5
6,0	7,5	4,5	8,5	6,0	12,0	10,4
6,5	8,1	4,9	9,2	6,5	13,0	11,3
7,0	8,8	5,3	9,9	7,0	14,0	12,1
7,5	9,4	5,7	10,6	7,5	15,0	13,0
8,0	10,0	6,0	11,3	8,0	16,0	13,9
8,5	10,6	6,4	12,0	8,5	17,0	14,7
9,0	11,3	6,8	12,7	9,0	18,0	15,6
9,5	11,9	7,2	13,4	9,5	19,0	16,5
10,0	12,5	7,5	14,1	10,5	20,0	17,3
10,5	13,1	7,9	14,8	10,5	21,0	18,2
11,0	13,8	8,3	15,6	11,0	22,0	19,1
11,5	14,4	8,7	16,3	11,5	23,0	19,9
12,0	15,0	9,0	17,0	12,0	24,0	20,8
12,5	15,7	9,4	17,7	12,5	25,0	21,7
13,0	16,3	9,8	18,4	13,0	26,0	22,5
13,5	16,9	10,2	19,1	13,5	27,0	23,4
14,0	17,5	10,5	19,8	14,0	28,0	24,2
14,5	18,2	10,9	20,5	14,5	29,0	25,1
15,0	18,8	11,3	21,2	15,0	30,0	26,0

TABLEAU 11 – RENDEMENT DE DIFFÉRENTS CONVOYEURS A BANDE CHARGÉS UNIFORMÉMENT (VITESSE = 3 m/min)

Largeur de la bande (cm)	Bande concave		Bande ordinaire plate	Vitesse maximale m/min	
	565 kg/m^3 de produit (t/h)	810 kg/m^3 de produit (t/h)	810 kg/m^3 de produit (t/h)	Mouture fine	Grain
30	7,4	10,5	5,2	91,5	106,7
35,5	10,7	14,4	6,5	91,5	122
40,6	13,4	19,1	8,6	91,5	132,2
45,7	16,5	23,6	10,5	122	132,2
50,8	21,3	30,4	13,6	122	152,5
60,9	31,2	44,6	20,0	152,5	183
76,2	50,2	71,7	32,3	167,7	213,5
88,9	70,3	100,3	45,5	183	244,0

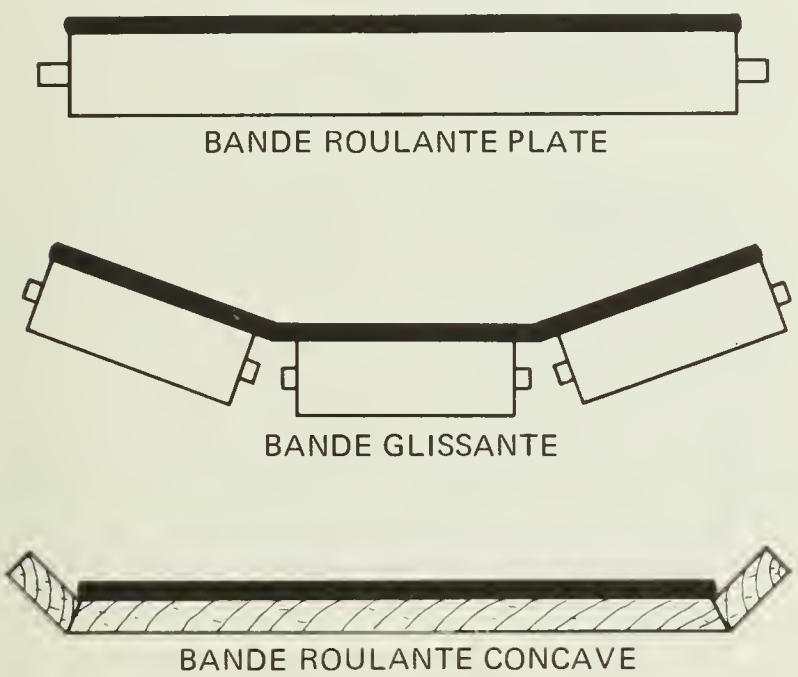


Figure 25 Types de transporteurs à bande

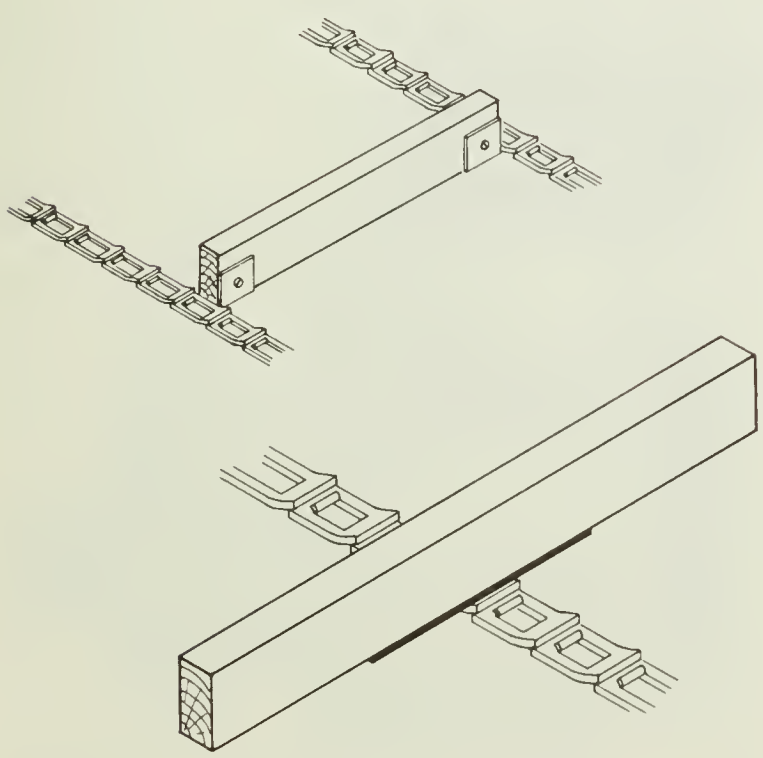


Figure 26 Transporteur à chaîne et à barrettes

TABLEAU 12 – RENDEMENT D'UN CONVOYEUR A CHAÎNE ET A BARRETTES HORIZONTAL

Longueur et hauteur de la barrette (cm)	Rendement du convoyeur à une vitesse de 30m/min (m^3/h)	Rendement du convoyeur à une vitesse de 30m/min pour deux produits de poids différents (t/h)	
		420 kg/m^3	730 kg/m^3
13 x 5	1,40	5,7	9,8
20 x 7	3,32	13,5	23,3
25 x 10	5,59	22,7	39,3
30 x 13	8,38	34,0	59,0

Convoyeur à chaîne

Les convoyeurs à chaîne peuvent déplacer une grande variété de produits agricoles, des balles de foins aux céréales. Leur coût initial est faible mais leur entretien très onéreux.Divers genres de chaînes sont disponibles et leur choix varie selon le matériau à transporter. Les convoyeurs à chaîne et à barrettes (figure 26) sont les plus couramment utilisés à la ferme. Le plus simple comprend une chaîne munie de barrettes de bois ou de métal dans une gouttière métallique. Les convoyeurs à barrettes ne fonctionnent pas efficacement sur une pente de plus de 40° car, comme le montre la figure 27, les produits en vrac refluent vers l'arrière à moins que la hauteur des barrettes ne soit augmentée proportionnellement.

Le tableau 12 donne le débit de convoyeurs à barrettes horizontales dont les barrettes sont séparées d'une distance égale à leur longueur. Par rapport à un déplacement horizontal, le débit d'un convoyeur diminue de 23% pour une pente de 20°, de 45% pour une pente de 30° et de 67% pour une pente de 40°.

Convoyeur oscillant

Un convoyeur oscillant se compose d'une gouttière métallique reposant sur des ressorts à boudin ou à lames ou sur des bras oscillants fixés à un châssis rigide. Le

mouvement de va-et-vient donné par un dispositif mécanique ou électromagnétique assure le déplacement. Ce genre de convoyeur n'a pas besoin de nettoyage, sert souvent d'appareil de mesure, consomme peu d'énergie et peut transporter divers matériaux. Par ailleurs, la pente maximale est d'environ 7° et le déplacement à sens unique. Il coûte assez cher et peut occasionner la séparation des particules. La figure 28 illustre le fonctionnement d'un convoyeur oscillant et la figure 29, l'utilisation d'un vibrateur pour mesurer la quantité du produit distribué. Toute variation de la vibration modifie le taux de distribution.

Convoyeurs à pompe et à tuyaux

L'emploi des convoyeurs à pompe et à tuyaux pour la distribution et la transformation des aliments du bétail est limité quoiqu'ils puissent servir dans les systèmes d'alimentation liquide pour les porcs. Ce sont des convoyeurs efficaces, faciles à contrôler et à entretenir, mais les produits qu'ils peuvent transporter sont peu nombreux et les tuyaux et la pompe doivent être protégés contre le gel.

Chargement et déchargement des silos-tours

La plupart des silos-tours sont remplis au moyen d'une souffleuse à fourrage. Celle-ci devrait avoir une capacité suffisante pour remplir le silo sans retarder la récolte. Les souffleuses manquent d'efficacité si on les compare aux élévateurs mécaniques, mais elles constituent un moyen rapide d'ensilage et sont relativement bon marché. Le rendement de la souffleuse dépend de son diamètre, de l'énergie mécanique disponible, de la teneur en eau des fourrages, de la longueur de la coupe et de la hauteur du silo. Ainsi, l'efficacité d'une souffleuse est beaucoup plus faible lorsqu'il s'agit d'ensiler du foin plutôt que du maïs. Une souffleuse n'atteindra son rendement maximum que si on dispose d'une bonne source d'énergie.

Il est important que les fourrages hachés soient distribués d'une manière uniforme dans le silo. Plusieurs genres de déflecteurs et de distributeurs rotatifs peuvent servir à cette fin.

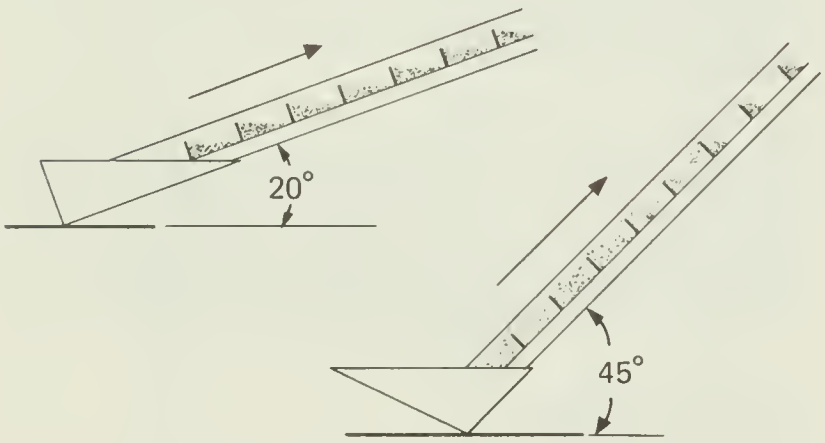


Figure 27 Le matériel coulant reflue vers l'arrière lorsque l'angle d'inclinaison du transporteur à chaîne ou à barrettes est supérieur à 40°

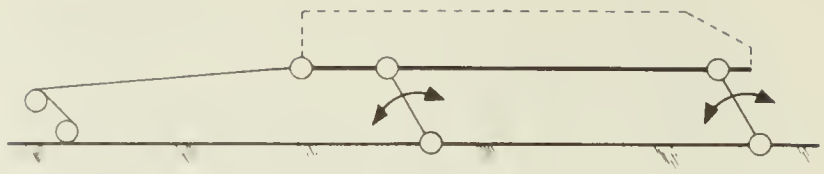


Figure 28 Transporteur mécanique oscillant

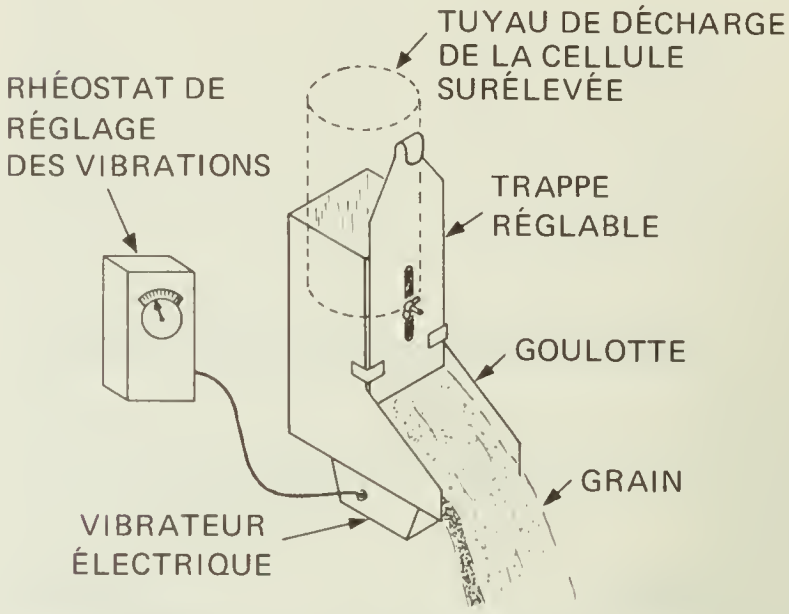


Figure 29 Vibromètre

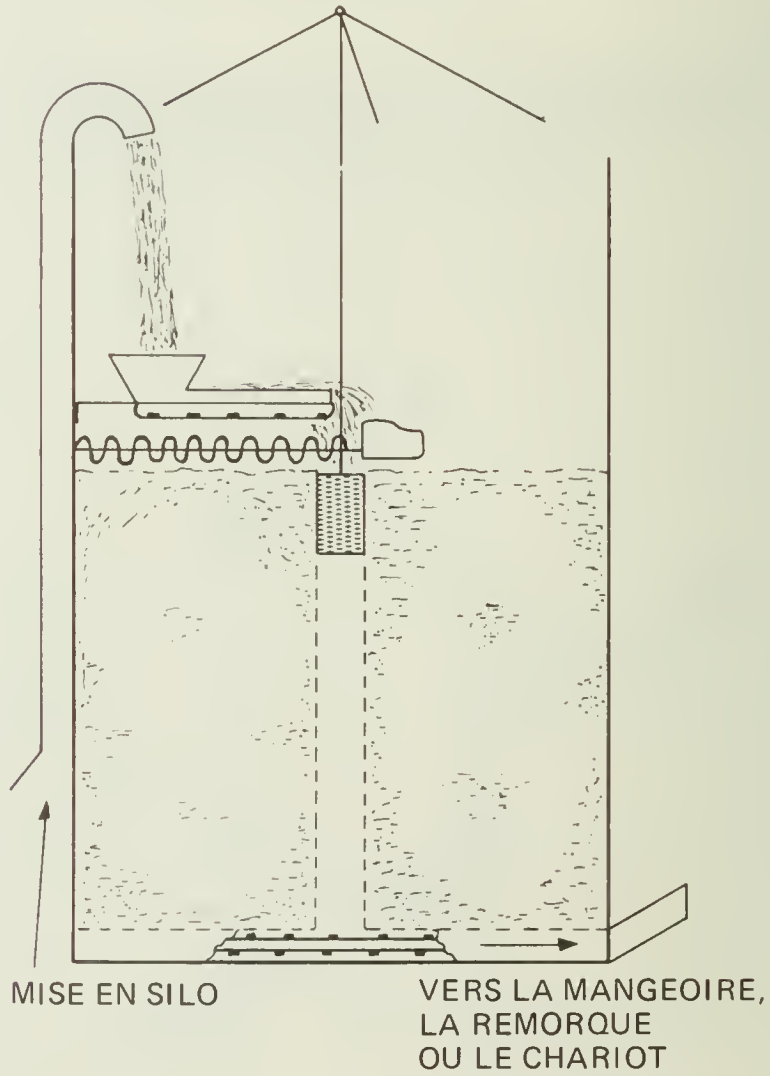


Figure 30 Combinaison d'un distributeur et d'une désileuse par le dessus pour un silo-tour

Il existe pour les silos-tours des désileuses de sommet et de fond. Les premières sont déposées sur le dessus de l'ensilage qu'elles projettent par la souffleuse dans la chute du silo et qui tombe dans un convoyeur ou un chariot. Ces désileuses de sommet peuvent aussi laisser tomber l'ensilage jusqu'à une désileuse de fond par la cheminée pratiquée lors du remplissage du silo (figure 30). Il existe sur le marché deux genres de désileuse: les désileuses suspendues et râcleuses. Les premières sont soutenues par un câble et un système de poulie fixé au sommet du silo. Le câble est relié à un treuil mécanique ou électrique au bas du silo. Ce genre de désileuse nécessite une surveillance presque constante. La désileuse râcleuse, montée sur roues, permet de régler la profondeur de coupe dans l'ensilage. Pour éviter un démarrage difficile à cause du gel, ce modèle devrait être suspendu lorsqu'il n'est pas en opération.

Les désileuses de sommet ont un débit variable en raison de la quantité de matériau gelé contre les parois, de la densité de l'ensilage, de sa teneur en eau, de la profondeur de coupe et du genre d'ensilage.

Le déchargement d'un silo par le fond offre plusieurs avantages: le moteur et l'arbre de transmission se trouvent au niveau du sol, à l'extérieur du silo; l'ensilage utilisé d'abord a été emmagasiné en premier; il est possible de nourrir les animaux pendant le remplissage du silo et il n'est pas nécessaire de grimper au sommet du silo pour ouvrir la goulotte de déchargement. Les désileuses de fond s'adaptent plus facilement au système d'alimentation automatique, mais elles coûtent un peu plus que les désileuses de sommet et demandent la construction d'une base spéciale lors des fondations. Leurs réparations peuvent aussi être plus délicates.

Déchargement des silos horizontaux

Avec un silo horizontal, l'auto-alimentation des animaux élimine tout besoin de manutention mécanique. On pourra aussi retirer l'ensilage à l'aide d'un tracteur muni d'un chargeur frontal. Le chargeur pourra remplir la mangeoire ou l'auto-déchargeur qui distribue l'ensilage dans la mangeoire.

Il existe deux genres de désileuse pour silo horizontal sur le marché. La figure 31 en illustre une montée sur un tracteur. Certaines peuvent aussi être fixées sur un camion. Elles coûtent cependant assez cher et leur achat ne se justifie que pour les éleveurs qui ont à distribuer une grande quantité d'ensilage. A la figure 32, on peut voir un autre moyen de prendre l'ensilage, le chargeur à benne frontale. Tous deux doivent être utilisés chaque jour pour nourrir les bovins et par conséquent doivent être actionnés par une source d'énergie sure.

On trouvera au tableau 13 un résumé des quelques renseignements présentés sur chaque type de convoyeur.

TRANSFORMATION

Broyage et malaxage

Tout comme beaucoup de convoyeurs ont leurs caractéristiques propres, les broyeurs et les malaxeurs ont chacun certains avantages et désavantages. Lorsque viendra le temps d'en choisir un, n'oubliez pas de tenir compte du genre de bétail à nourrir et du type de ration exigé.

Figure 31 Désileuse de silo horizontal sur tracteur

Figure 32 Chargeur frontal servant de désileuse de silo horizontal

TABLEAU 13 — CONVOYEURS (RÉSUMÉ DES DIFFÉRENTES CARACTÉRISTIQUES)

Convoyeur	Produit	Rendement	Puissance requise	Coût	Avantages	Désavantages
A vis sans fin	Moulu; granulé; haché	Moyen	Faible à moyenne	Moyen	Peut être utilisé comme malaxeur ou système de distribution des aliments et débit uniforme; bon pour le désilage des produits stockés en vrac; choix très vaste	Limité par les dimensions du produit à transporter et la longueur des sections; usure moyenne à considérable
A chaîne	La plupart des céréales fourragères et des produits agricoles	Moyen	Moyenne	Faible moyen	Peu coûteux; polyvalent; vaste choix disponible	Bruyant, usure importante
A godets	Moulu; granulé; en mottes	Moyen à fort	Faible	Moyen à élevé	Efficace; peu d'entretien; rendement élevé pour l'élévation verticale; faible puissance requise	Vitesse limitée; difficile à installer, coûteux; doit être pourvu de freins automatiques
A bande	Grain; produits emballés	Fort	Faible	Élevé	Peut être utilisé sur de longues distances; faible puissance requise	Angle d'élévation; coûteux
Pneumatique	Grain; aliments moulus ou hachés; fourrage	Variable	Forte	Faible à moyen	Coût d'achat peu élevé; peu d'entretien; grande souplesse d'adaptation; emploi d'une main-d'oeuvre excessive pour nettoyer les tuyaux obstrués	Importante consommation d'énergie; produit de la poussière; exige habituellement du matériel pour séparer les aliments; conditions de fonctionnement variables selon le genre de produits
Vibrateur	Grain; aliments moulus	Faible	Faible	Élevé	Peut être utilisé comme appareil de mesure, portatif; contrôle facile	Débit limité, coûteux
A secousses	Grain; aliments, fourrages grossiers	Fort	Faible	Moyen à élevé	Efficace; peut transporter une grande quantité de produits différents	Coûteux; doit être solidement monté; longueur maximum d'environ 30 m
A pompes et à tuyaux	Liquides; bouillies	Fort	Faible	Faible à moyen	Efficace; facile à surveiller; peu d'entretien	Nombre limité de produits; sensible à l'action du gel

Les broyeurs à marteaux Ce broyeur est constitué de marteaux rotatifs dans une lourde chemise métallique perforée et concave (figure 33). Les marteaux frappent le produit introduit dans le broyeur maintes et maintes fois contre la plaque jusqu'à ce qu'il soit assez petit pour traverser la grille. La vitesse de l'extrémité des marteaux va de 200 à 8000 m/min. On obtient un broyage plus homogène à des vitesses de l'ordre de 4000 à 4500 m/min.

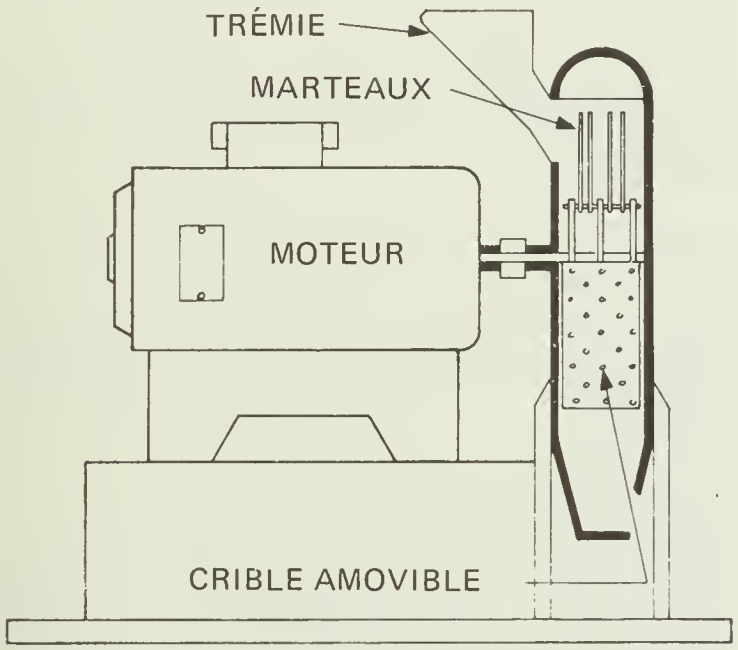


Figure 33 Broyeur à marteaux

La finesse dépend du calibre de la grille et augmente à mesure que celui-ci diminue alors que le rendement baisse et que la consommation d'énergie s'accroît. Le calibre de la grille du crible varie de 0,7 mm à 50 mm. Les plus grands servent au hachage du fourrage grossier. Certains broyeurs à marteaux sont munis de couteaux pour hacher le fourrage.

Les broyeurs à marteaux sont des appareils versatiles. Ils peuvent transformer plusieurs variétés de céréales en même temps, de sorte qu'on peut les utiliser avec les moulins et les malaxeurs. D'autre part, ils ne s'abîment pas facilement même en présence de corps étrangers, peuvent fonctionner sans dommage même s'ils sont vides et ne perdent presque pas de leur efficacité malgré l'usure. Les broyeurs à marteaux ne pulvérisent pas les aliments de façon uniforme et leurs besoins en énergie sont très élevés à fort rendement. Ils peuvent être actionnés par un moteur électrique ou un tracteur.

L'efficacité de ce genre de broyeur diminue au fur et à mesure que la teneur en eau du grain augmente; la farine de grains humides est plus grossière que celle des grains secs.

Broyeur à meules Cet appareil comprend deux plaques de fonte rugueuses, l'une stationnaire et l'autre rotative (figure 34), qui broient la denrée par cisaillement. La finesse du broyat varie avec le genre de plaques et l'écart qui les sépare. La vitesse de ce genre de broyeur se situe entre 1200 et 3600 r/min. Par mesure d'économie, on évitera d'utiliser des meules rugueuses pour un broyage fin car la consommation d'énergie augmente rapidement

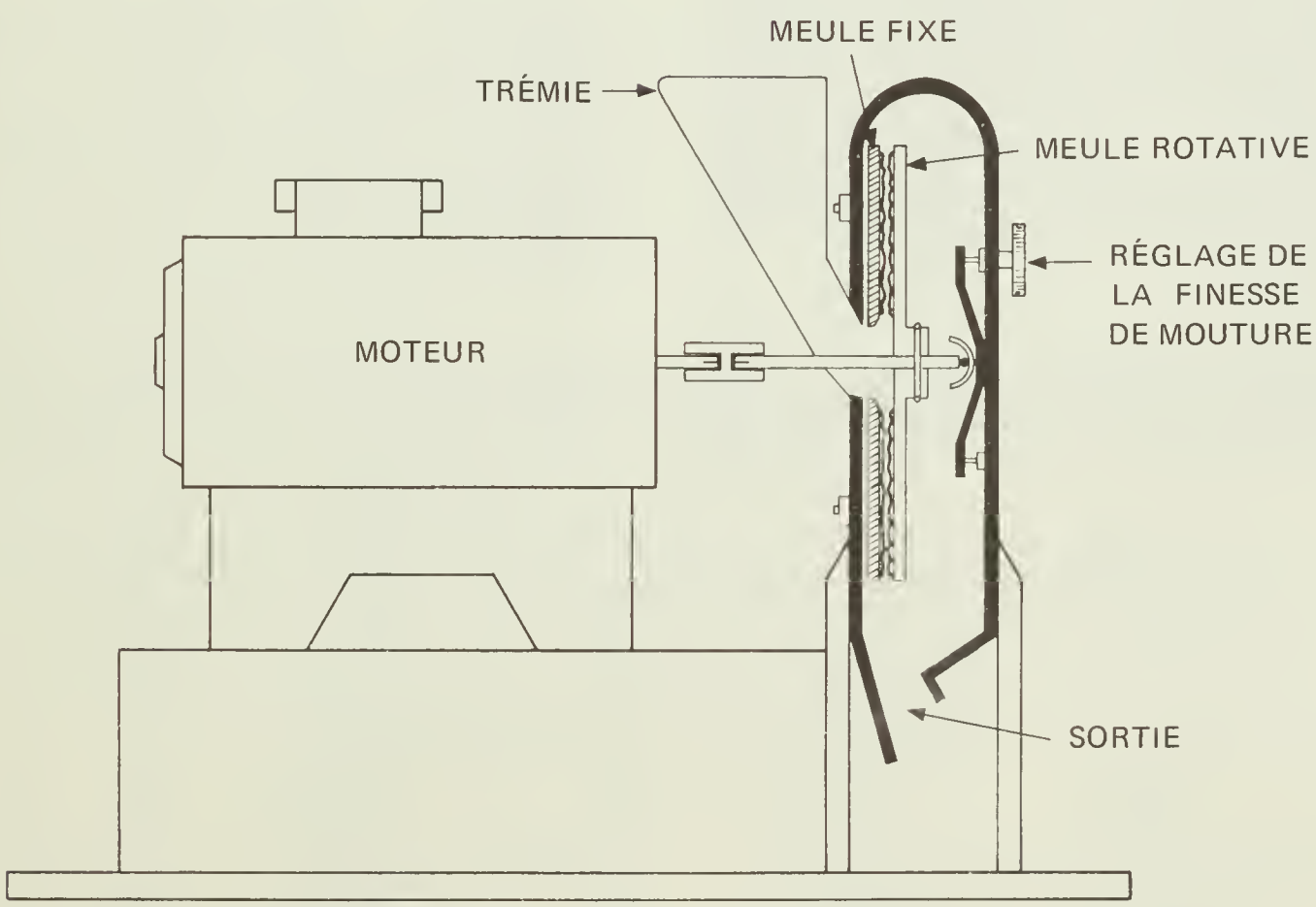


Figure 34 Broyeur à meules

et l'usure est considérable. Le coût d'achat des broyeurs à meules est faible, mais il faut remplacer les plaques souvent. Le broyat est plus homogène que celui obtenu par un broyeur à marteaux. Le broyeur à meules est mieux adapté au broyage grossier, mais demande plus de puissance pour un broyage fin et s'abîme plus facilement lorsque le grain renferme des corps étrangers. Les plaques s'usent rapidement lorsque le broyeur fonctionne à vide. Le broyeur à meules exige un réglage plus fréquent que les autres types de broyeurs et ne moue pas le grain humide de façon satisfaisante. Le tableau 14 donne les vitesses de broyage approximatives des broyeurs à meules et à marteaux.

Broyeur à cylindres Les broyeurs à cylindres qu'on appelle parfois aplatisseurs pulvérisent la denrée en l'écrasant entre deux rouleaux ondulés qui tournent en directions opposées (figure 35). Ceux-ci peuvent être actionnés par une courroie reliée à un moteur ou à la prise de force d'un tracteur.

Les cyclindres peuvent compter de 2 à 7 cannelures au centimètre. Si les grains sont petits, on utilisera des rouleaux à cannelures plus nombreuses afin d'empêcher le passage de grains entiers. Le tableau 15 offre un guide général pour l'aplatissage des céréales fourragères.

Les rouleaux usés doivent être retirés de l'appareil et cannelés à nouveau, mais comparativement aux autres, ce type de broyeur consomme moins d'énergie à fort rendement et donne des aliments homogènes sans beaucoup de substance fine ou poudreuse. Les broyeurs à cylindres ne conviennent pas aux provendes qui doivent être pulvérisées tel que les aliments pour poussins. Ils peuvent s'abîmer si des corps étrangers passent entre les cylindres; ils doivent être munis d'aimants pour retirer du grain d'éventuels morceaux de métal. Ils ne conviennent pas non plus à la mouture des mélanges de grain de calibres différents. Le tableau 16 donne quelques renseignements sur le rendement approximatif de ce genre de broyeur qui diminue considérablement avec la teneur en eau des grains. Leur rendement est aussi affecté par la vitesse et l'écartement des rouleaux, ainsi que par la puissance fournie.

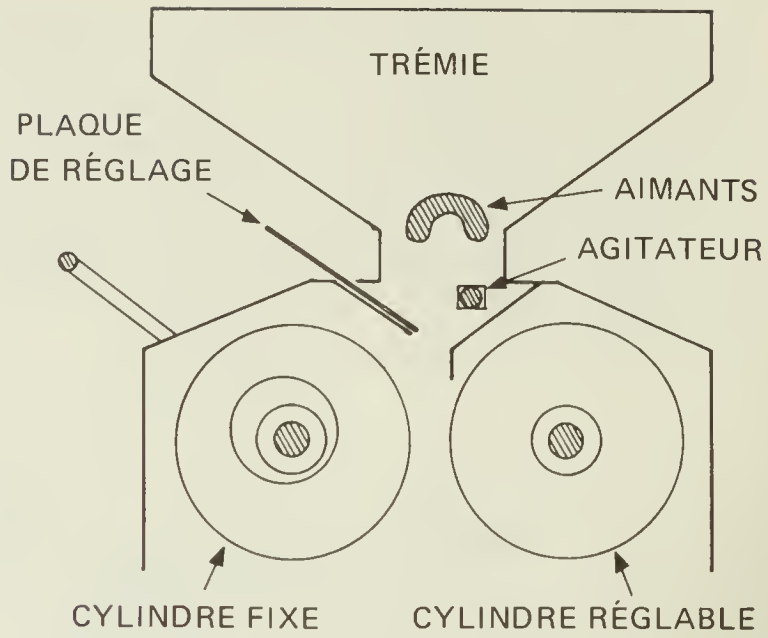


Figure 35 Broyeur à cylindres

TABLEAU 15 — TYPE DE CYLINDRES POUR DIVERS GRAINS

Cannelures/cm	Grain
0 — 2	Maïs
3 — 5	Blé, orge, avoine (sujette à l'égrènement)
6 et plus	Avoine, orge, blé

TABLEAU 16 — RENDEMENT DES BROYEURS A CYLINDRES

	1120 W	2235 W	3725 W	5587 W
Rendement (kg/h)	204	544	816	1587

TABLEAU 14 — RENDEMENT APPROXIMATIF DES BROYEURS A MEULES ET A MARTEAUX EN FONCTION DE LA PUISSANCE DU MOTEUR QUI LES ACTIONNE

		vitesse de broyage (kg/h)				
Grain	Classification	745 W	1120 W	1690 W	2235 W	3725 W
Orge	Grossier	136	227	272	408	635
	Fin	34	45	68	113	227
Avoine	Grossière	136	204	172	453	680
	Fine	34	50	102	159	204
Blé	Grossier	272	453	725	1088	1360
	Fin	91	102	272	385	453
Maïs	Grossier	272	408	748	1134	1587
	Fin	113	136	281	408	544

Le tableau 17 fait la comparaison des broyeurs à meules, à marteaux et à cylindres.

Broyeurs-mélangeurs portatifs Ces appareils fonctionnent habituellement au moyen de la prise de force du tracteur qui tire la remorque sur laquelle ils sont montés. Le dispositif de broyage peut consister en un broyeur à marteaux, à cylindres ou à meules, mais le premier est le plus courant car il peut transformer le foin aussi bien que le grain. Le choix d'un broyeur dépendra du type de bétail à nourrir et du genre d'aliments transformés. Le produit pénètre dans le broyeur grâce à une vis sans fin ou un convoyeur à chaîne et à tablier. Ce dernier se rencontre surtout avec les broyeurs convenant au fourrage grossier. La capacité du réservoir du mélangeur varie selon la marque, le modèle, mais dans la plupart des cas, est exprimée en volume. Il existe sur le marché deux genres de réservoirs: les réservoirs horizontaux et verticaux.

Le mélangeur horizontal consomme habituellement plus d'énergie qu'un mélangeur vertical, mais il peut traiter la mélasse liquide et l'ensilage. La plupart des broyeurs-mélangeurs portatifs fonctionnent au moyen d'un moteur d'environ 40 kW même si certains d'entre eux peuvent nécessiter 45 kW ou plus.

Divers broyeurs-mélangeurs disposent d'une vaste gamme d'accessoires: distributeur de mélasse liquide, balances, aimants (pour enlever les objets de fer), fenêtres d'inspection supplémentaires, rallonges pour déchargeurs à vis sans fin, et trémies pour l'addition de compléments protéiques ou de prémélanges. Les compléments protéiques et les prémélanges ne devraient pas passer par le broyeur.

Transformation du fourrage grossier

Un grand nombre d'appareils peuvent servir à la manutention du fourrage grossier. Le foin et la paille seront récoltés à l'aide d'une faucheuse ou d'une remorque à fourrages ou encore seront transformés en grosses et petites balles. Quelquefois on le servira en alimentation libre de façon à éliminer le processus de transformation. Cependant, quelques éleveurs préfèrent le transformer et le distribuer en même temps que les céréales.

Broyeur à foin Il existe sur le marché des broyeurs capables de hacher une balle de foin entière et de faire passer le foin à travers un crible semblable à celui du broyeur à marteaux. Ces machines utilisent beaucoup d'énergie et sont très coûteuses. Elles ont un rendement de 6 à 20 tonnes à l'heure pour un crible de 2,5 cm et doivent être actionnées par un moteur de 20 à 110 kW.

Broyeur à baquets Ces appareils fonctionnent habituellement avec la prise de force d'un tracteur de 55 à 75 kW. Le vaste cylindre horizontal tourne lentement sur lui-même et alimente de façon constante le broyeur à marteaux installé à son extrémité inférieure. Lorsque le fourrage a traversé le crible, il peut être déposé en tas sur le sol ou chargé dans un chariot pour le distribuer au bétail. Pour alimenter un broyeur de ce genre on utilise habituellement une benne frontale d'une capacité d'environ 10 à 12 tonnes à l'heure. Le tonnage réel de fourrage transformé dépend de la teneur en eau de ce dernier, du diamètre des perforations et de l'énergie disponible.

Mélange des aliments

Plus la ration est complexe, plus le malaxage doit être minutieux. Il est essentiel de calculer la quantité exacte nécessaire pour chaque composant et de mélanger le tout correctement si l'on veut obtenir le produit souhaité. Les rations doivent être aussi préparées soigneusement parce que beaucoup d'additifs comme l'urée peuvent être très toxiques. La plupart des mélangeurs peuvent être classés comme mélangeur vertical ou horizontal en discontinu, comme mélangeur en continu.

Mélangeur à vis verticale (discontinu) L'appareil de capacité moyenne utilisé le plus communément est un réservoir métallique ressemblant à un cône renversé, muni d'une vis verticale centrale (figure 36). Le chargement s'effectue par le bas ou le haut et le déchargement par le côté ou le bas. Son rendement varie de 0,5 à 8 tonnes à la fois. Puisque la quantité d'aliments mélangée est faible, l'appareil n'a pas besoin d'un moteur de très grande puissance (2,2 kW pour un mélangeur d'une tonne; 3,7 à 6,0 kW pour un mélangeur de 2 tonnes). Il faut 10 à 15 minutes pour mélanger chaque chargement.

Soyez extrêmement prudent lorsque vous mélangez des aliments toxiques; ajoutez-les à un véhicule afin de réduire le risque d'une concentration trop élevée du produit toxique dans une portion. N'introduisez pas d'aliments humides dans un mélangeur vertical, car ils peuvent l'obstruer.

TABLEAU 17 – TABLEAU COMPARATIF DES BROYEURS A MEULES, A MARTEAUX ET CYLINDRES

Caractéristique	Broyeur à marteaux	Broyeur à cylindres	Broyeur à meules
Construction	Marteaux fixes ou pivotants	Rouleaux métalliques (2)	Plaque rotative
Fonctionnement	Frappe le produit	Écrase le produit	Déchiquète et aplatit le produit
Puissance requise	Élevée	Faible	Moyenne
Mouture	Fine	Grossière	Moyennement grossière
Réglage de la finesse de la mouture	Diamètre des perforations du crible	Espace entre les rouleaux	Espace entre les plaques
Vitesse	1500 – 4000 r/min	350 – 600 r/min	1200 – 8600 r/min

La taille des mélangeurs verticaux ne permet pas leur installation dans un bâtiment. Ceux qui se chargent par le bas ne se vident pas complètement par eux-mêmes et doivent être munis d'une voie d'accès pour que l'on puisse les nettoyer avant la préparation d'une autre ration.

Mélangeur horizontal (discontinu) Ce modèle ressemble à un récipient métallique en U, dans lequel le mélange est effectué par un ou plusieurs agitateurs, barrettes ou rubans hélocoïdaux fixés à un arbre horizontal tournant au rythme de 10 à 15 r/min (figure 37). Les mélangeurs horizontaux sont surtout utilisés dans les grandes exploitations où un rendement élevé s'allie à un malaxage minutieux; lorsqu'on mélange des grains à du fourrage grossier, qu'on ajoute des aliments liquides ou des antibiotiques au mélange, lorsque le mélangeur doit être vidé rapidement (p. ex. installation d'un mélangeur mobile le long d'une clôture où les animaux viennent se nourrir ou lorsque la hauteur du bâtiment est trop faible). Ces mélangeurs exigent un moteur puissant, 3,7 à 7,4 kW, pour un mélangeur d'une demi-tonne et coûte fort cher; on peut difficilement vider le réservoir au complet, ce qui a pour effet de contaminer les préparations suivantes.

Mélangeur continu Ici les deux ou trois ingrédients de la ration sont pesés sur les convoyeurs qui les amènent vers une trémie ou un chariot. Il s'agit d'un mélange sans interruption ce qui n'est pas recommandé pour des rations complexes. Pour un meilleur rendement on utilisera des convoyeurs à vis sans fin ou à barrettes à grande ou petite vitesse. Les transporteurs à vis sans fin serviront au mélange en continu des produits secs.

Des appareils permettent de mélanger les grains suivant des proportions désirées. Ces appareils aident l'exploitant à préparer sur place les rations des animaux. Les distributeurs de médicaments, de protéines, de mélasse et de matière grasse ajoutent une quantité déterminée de supplément aux rations et sont très utiles lorsque l'opérateur connaît le volume et le rythme auxquels les aliments sont distribués. Les suppléments sont versés dans le mélangeur ou sur le transporteur et sont mélangés pendant leur transport à l'aire d'alimentation.

DISTRIBUTION ET ALIMENTATION

Une fois traités, les aliments sont soit distribués au bétail, soit stockés, de préférence à proximité de l'endroit où ils seront utilisés. Dans ce cas, on utilisera l'une des méthodes de convoyage discutées précédemment. Pour retirer ces aliments de l'aire d'entreposage ou les servir immédiatement au bétail après leur transformation, on choisira plutôt l'une des méthodes qui suivent.

Chariot de distribution

Les chariots de distribution servent habituellement à l'alimentation manuelle, mais peuvent aussi servir à remplir d'ensilage, de foin haché ou de rations moulues les nourrisseurs automatiques. Ils peuvent être chargés à la main ou à l'aide d'un convoyeur et sont habituellement poussés jusqu'à l'endroit où l'on distribue la

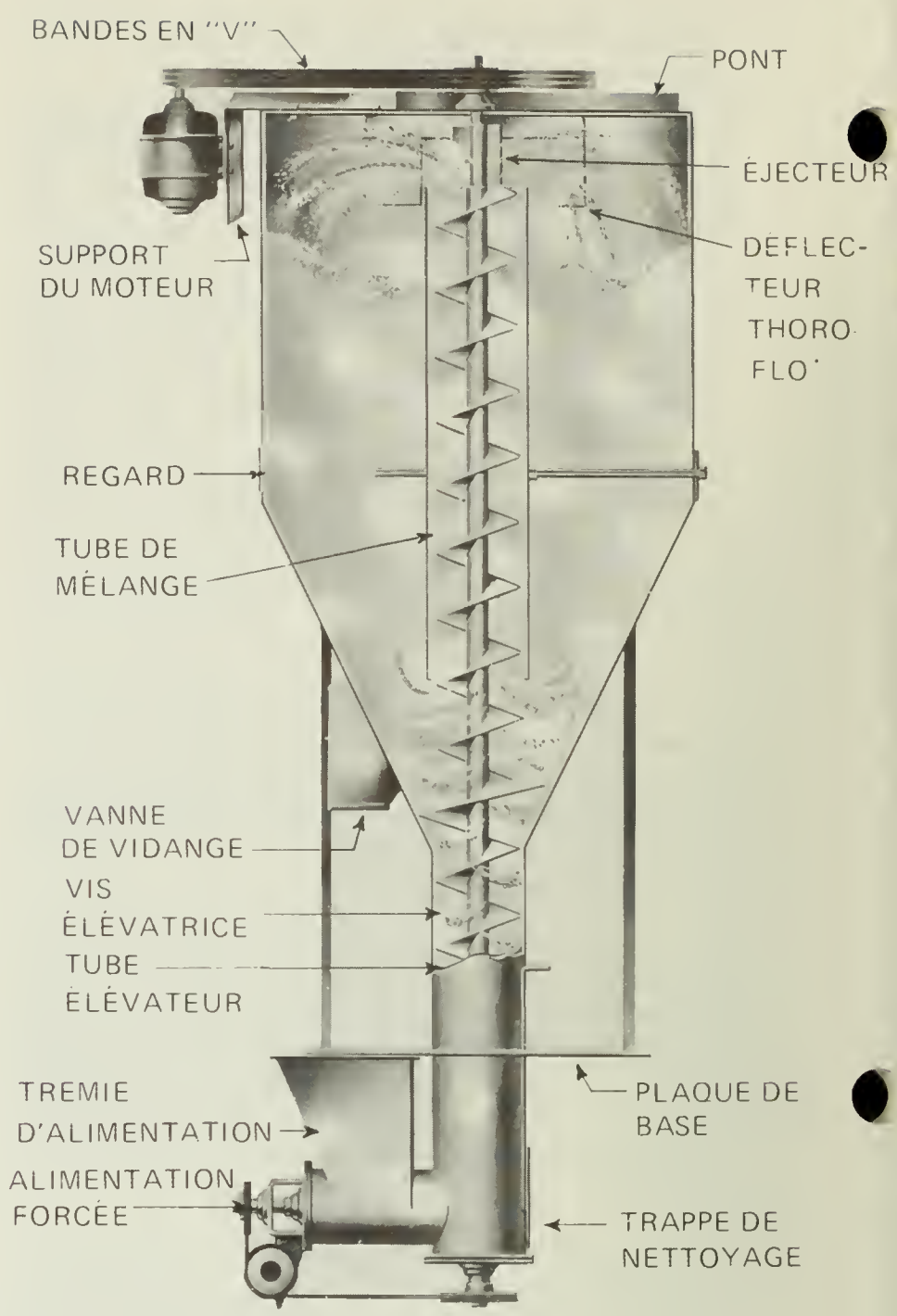


Figure 36 Mélangeur vertical

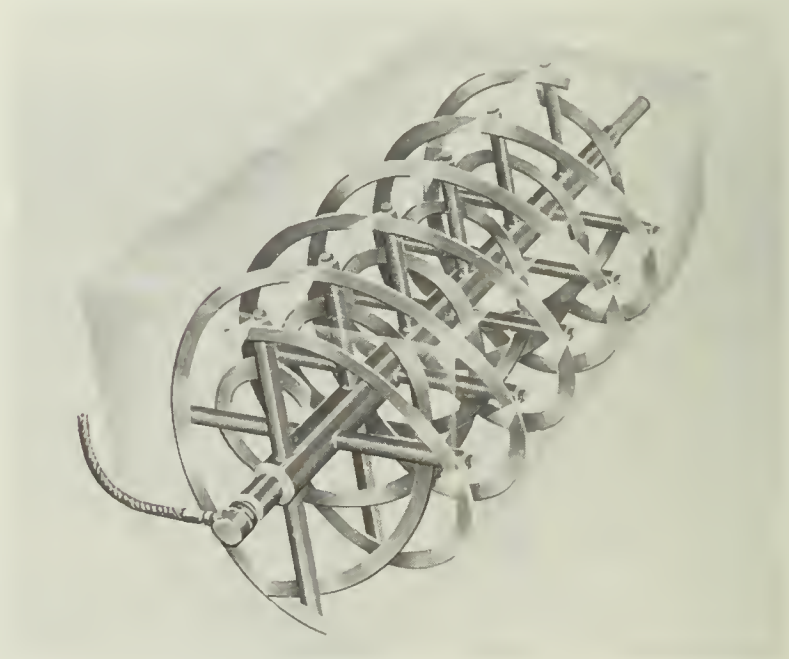


Figure 37 Mélangeur horizontal

nourriture. Ce genre de chariot sert surtout à l'alimentation des truies taries et lactantes, des bovins laitiers et de la volaille. Leurs dimensions varient en fonction de leur emploi. Le sol doit être assez lisse pour que les déplacements soient faciles. La figure 38 illustre un chariot auto-moteur destiné à remplir les mangeoires de poulaillers et la figure 39, un chariot ordinaire.

Wagonnet de distribution

Ces wagonnets sont soit des chariots suspendus à un rail aérien, soit guidés par un monorail ou se déplaçant sur des roues, munis de plus d'un mécanisme de déchargement. Ils sont poussés, comme à la figure 40, ou tirés par un câble sans fin, et leur déchargement se fait mécaniquement ou par gravité. Les wagonnets transporteront de l'ensilage, du fourrage grossier séché ou des céréales, selon leur mécanisme de vidange. Comme pour les chariots de distribution, la plupart des convoyeurs peuvent les remplir. On les trouve habituellement à côté ou au-dessus des mangeoires automatiques, comme le montre la figure 41, et on les utilise principalement pour l'alimentation du bétail.

Figure 38 Chariot automoteur pour les aliments de la volaille

Distributrice pour mangeoire

Employées surtout dans les parcs d'engraissement de bovins, ces distributrices amènent la nourriture jusqu'aux mangeoires qui longent une clôture. Elles peuvent être montées sur une remorque ou un camion, comme à la figure 42, ou tirées par un tracteur. Elles fonctionnent habituellement par prise de force.

Pour la plupart, ces distributrices peuvent transporter, mélanger et décharger les aliments. Elles comprennent normalement un tablier mobile, un dispositif de mélange et un transporteur transversal. Le tablier n'est souvent qu'un convoyeur à chaîne et à barrettes qui parcourt toute la longueur de la distributrice. Le mélangeur broie ou déchire les aliments grâce au mouvement de va-et-vient que lui imprime le tablier. Les céréales et les suppléments sont versés en quantité voulue sur le fourrage grossier et le tout est mélangé au moyen de batteurs, de cylindres, de vis ou de barrettes situés devant le transporteur transversal ou au-dessus de ce dernier. Le mélange est ensuite recueilli par le transporteur à vis, le convoyeur à bandes ou le convoyeur à chaîne et vidé dans la mangeoire. Avant de choisir une distributrice, il est préférable de vérifier la position de l'orifice de déchargement du transporteur transversal par rapport au type de mangeoires. On tiendra également compte de l'emplacement du convoyeur, de la hauteur de chute et de la distance d'où tombent les aliments.

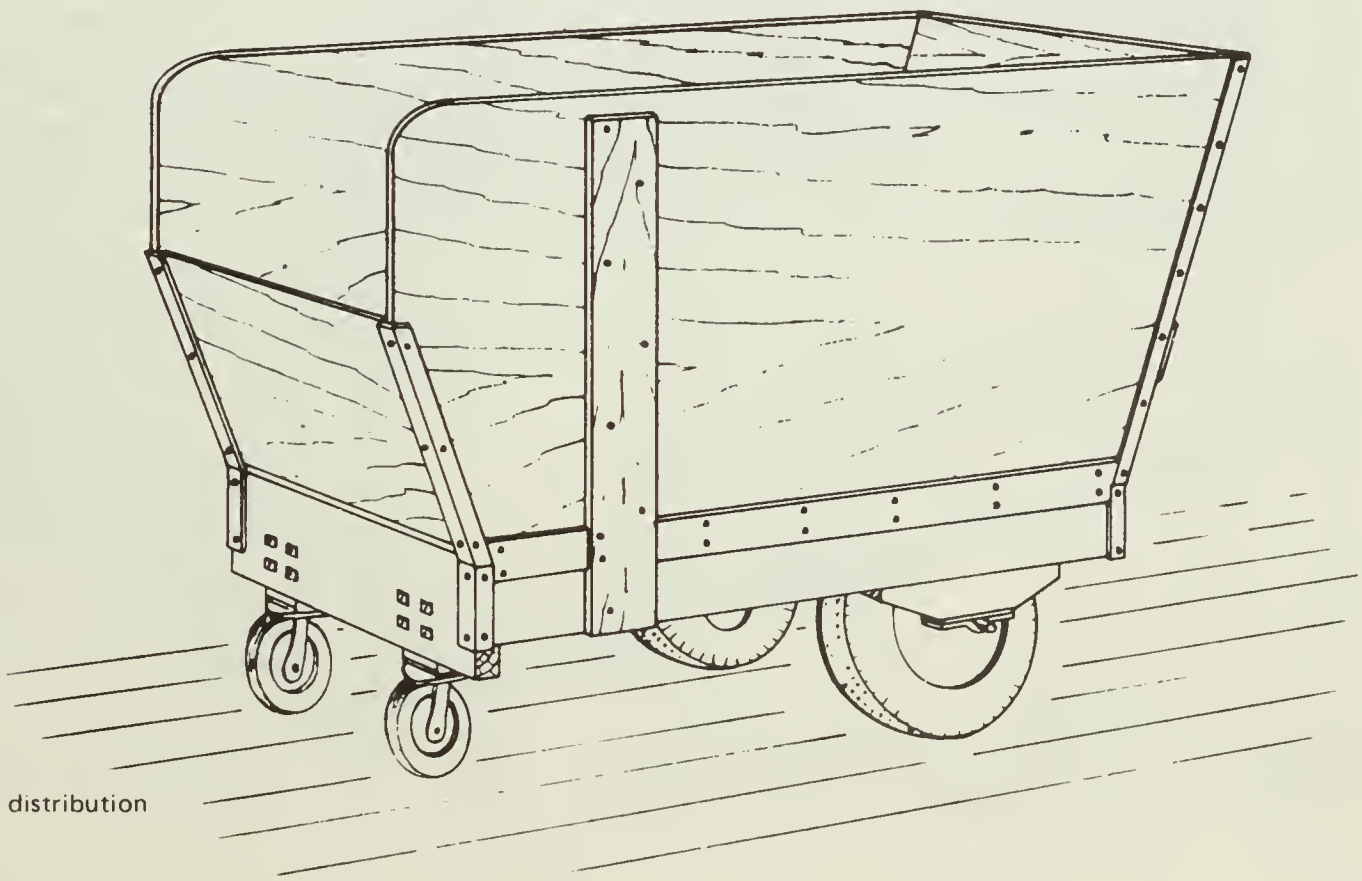


Figure 39 Chariot de distribution

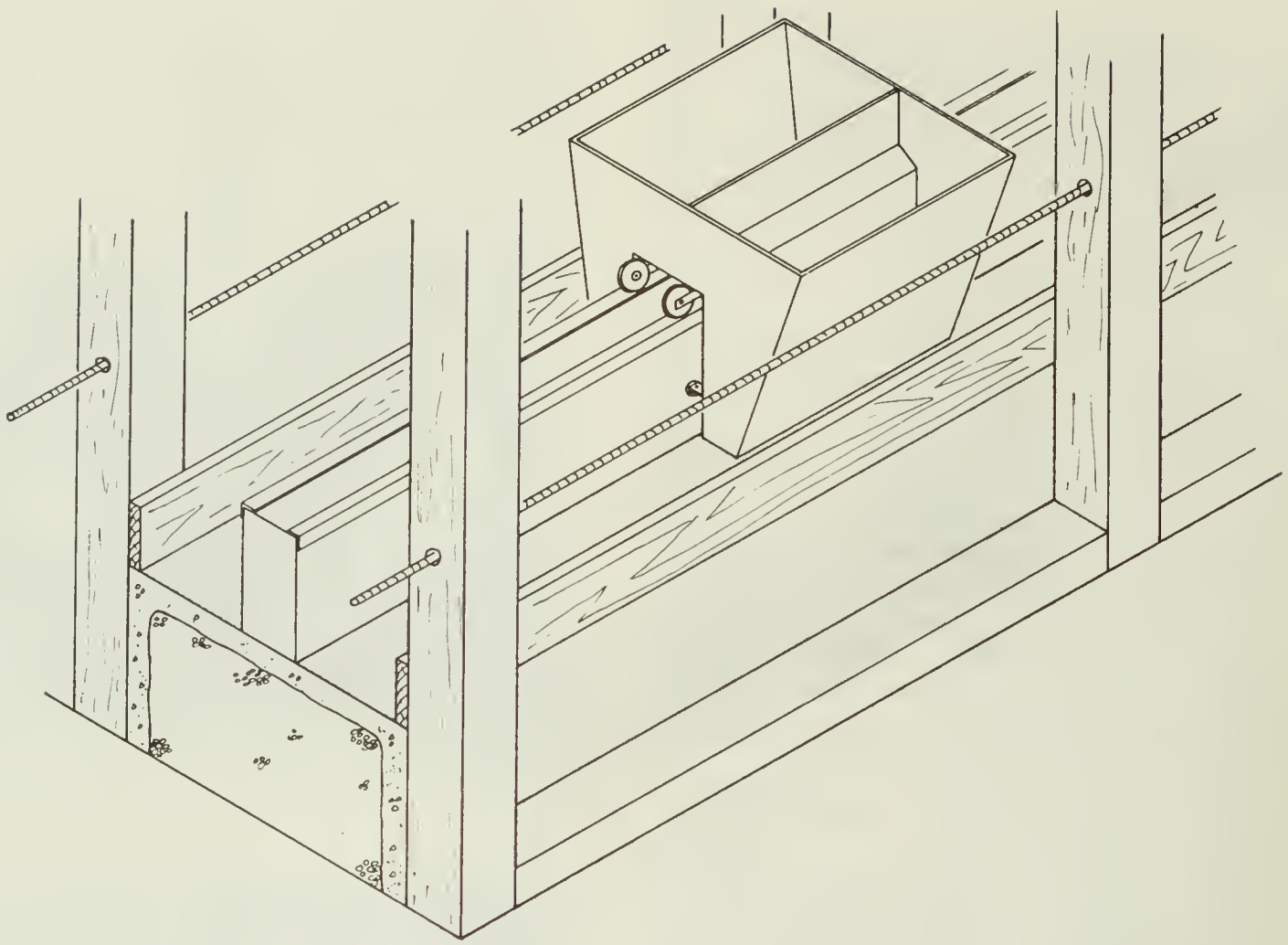


Figure 40 Transporteur d'aliments

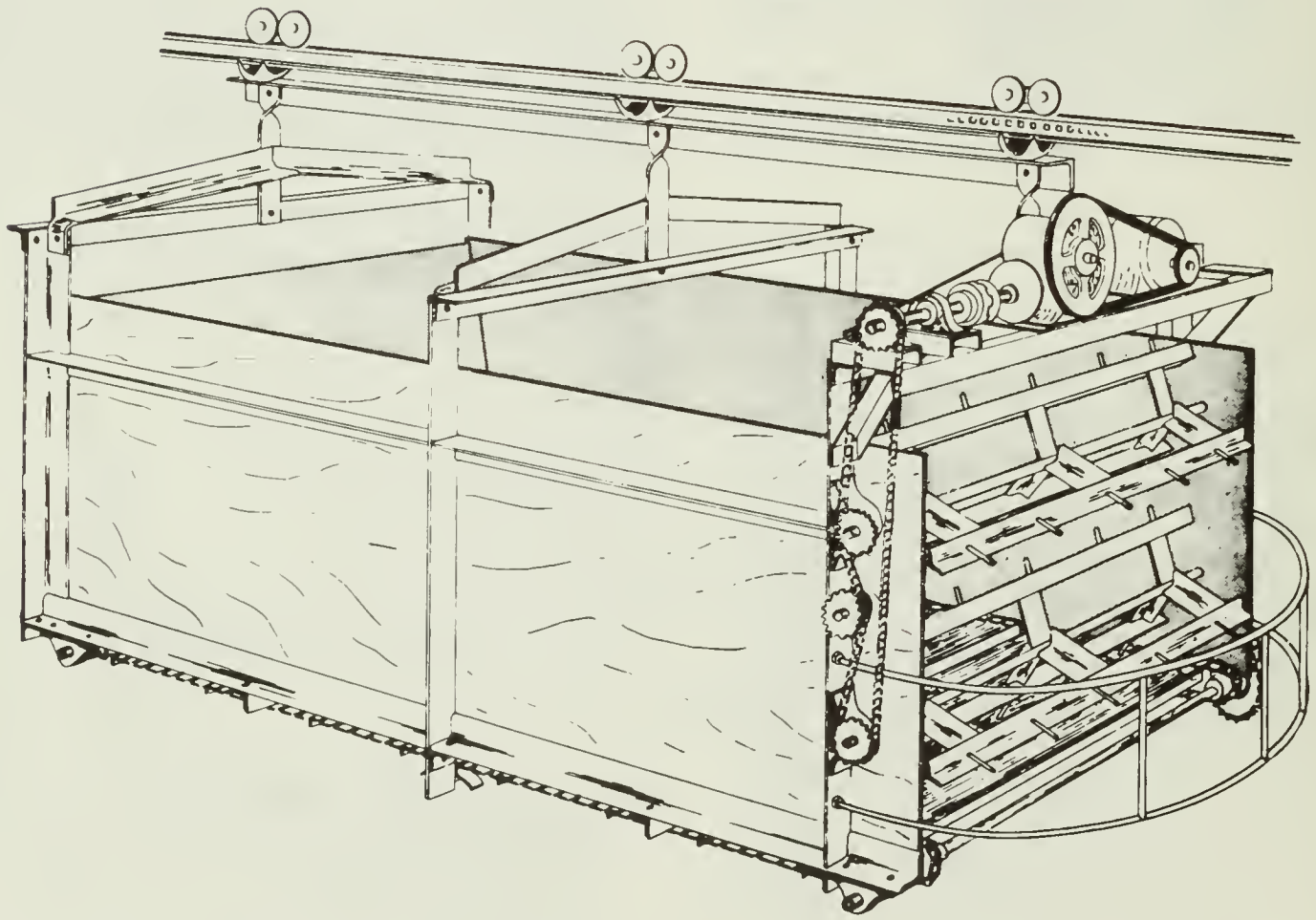


Figure 41 Transporteur d'aliments

Figure 42 Distributrice pour mangeoire montée sur camion

De nos jours, de nombreuses distributrices sont équipées d'une balance électronique pour faciliter la préparation des rations. Ceux-ci servent souvent au transport de l'ensilage ou des céréales moulues jusqu'aux enclos. L'ensilage pourra provenir d'un silo horizontal ou vertical et les céréales, des cellules surélevées (chargement par gravité) ou d'un convoyeur. Ces distributrices ont une capacité de 3 à 30 m^3.

Certains agriculteurs utilisent des remorques à fourrage comme distributrices ce qui leur permet d'épargner un peu d'argent. Ces dernières ne font cependant pas un bon mélange des aliments. Les mangeoires peuvent également être remplies avec un broyeur-malaxeur portatif.

Système de distribution automatique pour mangeoire

Ce système transporte sans manutention les aliments du silo ou de la cellule d'un broyeur jusqu'aux mangeoires. Il y a deux types: à vis et à chaîne ou à bande. La simplicité du premier (un seul élément mobile) le rend moins vulnérable aux températures de l'hiver; néanmoins, ce système comporte deux inconvénients majeurs: une grande consommation d'énergie et une tendance à séparer les matières grossières des matières fines et les particules lourdes des particules légères. Le distributeur à chaîne ou à bande a un rendement plus élevé que le précédent, distribue les aliments plus rapidement, peut être utilisé avec des mangeoires plus longues et servir diverses rations aux animaux parqués séparément. Toutefois, les aliments granulés sont portés à s'éparpiller avec les convoyeurs à chaîne et barrettes et peuvent susciter certains ennuis de fonctionnement.

La plupart des distributeurs à vis fonctionnent à un régime établi entre 100 et 225 r/min. Le tableau 18 en illustre et en décrit les différents types. Le diamètre, la longueur et la vitesse de la vis, le produit transporté (ensilage, fourrage grossier, céréales), son calibre et sa teneur en eau sont autant de facteurs qui influent sur l'énergie consommée par l'appareil. Pour une même mangeoire, un distributeur à vis utilisera quatre à cinq fois plus d'énergie qu'un distributeur à chaîne et à barrettes ou à bandes (figure 43). Si le courant est monophasé, la mangeoire alimentée par un tel distributeur devra mesurer au maximum 45 m. Le tableau 19 donne quelques renseignements sur les distributeurs à chaîne et à barrettes ou à bande.

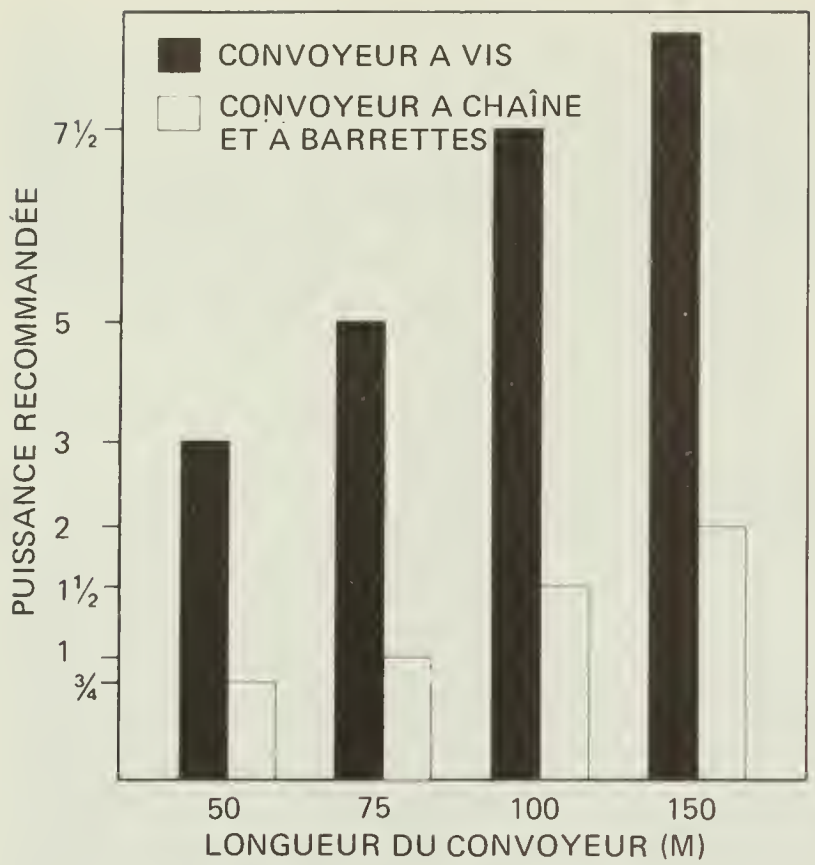


Figure 43 Comparaison de la puissance nécessaire pour faire fonctionner un convoyeur à vis ou à chaîne de longueur variable

Nourrisseur automatique

Les nourrisseurs automatiques servent généralement à l'alimentation des bovins d'engrais, des porcs en claustration et des volailles. Dans les parcs d'engraissement pour bovins, les nourrisseurs sont remplis à l'aide de vis transporteuses horizontales, d'auto-déchargeurs ou de vis portatives inclinées. Dans les porcheries et les poulaillers, le remplissage peut s'effectuer à la main, à l'aide d'une vis surélevée (figure 44) ou d'un convoyeur à chaîne et à rouleaux.

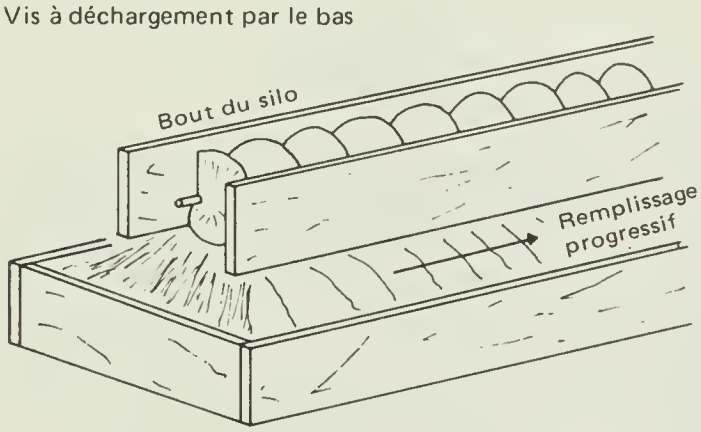
La commande peut comprendre un système de mise en marche manuel et d'arrêt automatique. La présence continuelle d'aliments dans le nourrisseur permet de réduire l'espace alloué à chaque animal pour son alimentation.

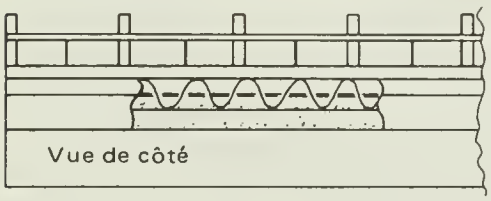
Alimentation rationnée des porcs et des volailles

L'animal soumis à l'alimentation rationnée ne reçoit que l'équivalent d'un seul repas par jour. Le système utilisé avec cette méthode comprend une série de trémies ou de boîtes au-dessus des enclos ou des mangeoires. La quantité voulue de nourriture est amenée aux trémies par une vis et tombe à des intervalles prédéterminées sur le plancher des enclos des porcs ou dans la mangeoire des

TABLEAU 18 — VARIÉTÉS DE TYPES DE DISTRIBUTEURS A VIS EN AUGE

Système de distribution	Remarques	Puissance requise par distance de 30 m (valeur approximative) en W	Nombre d'enclos normalement désservis
Vis à déchargement par le bas	Désserve plus d'aliments dans la première moitié de la mangeoire que dans la seconde à moins que la distance entre la mangeoire et le plancher n'augmente vers l'extrémité la plus éloignée de la mangeoire; dans une alimentation mixte l'ensilage et le grain se séparent pendant le transport	3725 — 5587	1
Vis à distribution réglable	Fonctionne à peu près comme le dispositif précédent mais consomme moins d'énergie; la quantité d'aliments distribuée peut être réglée en ajustant l'écart qui sépare la vis du tube qui l'entoure partiellement	1120 — 2235	1
Distribution par vis sans fin	La vis du dessus remplit une série de trémies secondaires; lorsque la dernière est remplie, un commutateur met la vis inférieure en marche laquelle déverse la ration à travers des orifices fixes	2235 — 3725	2+





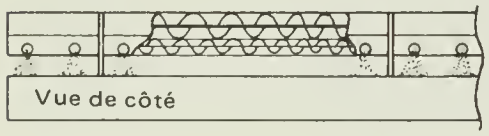
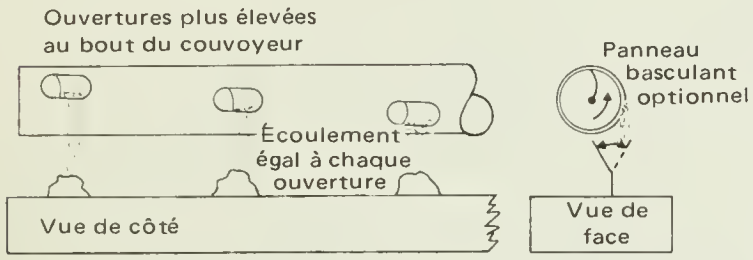
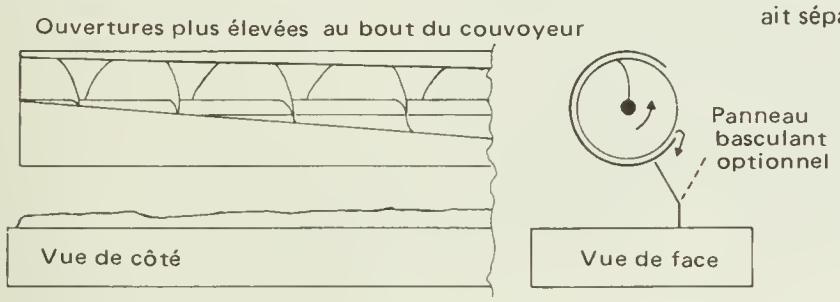
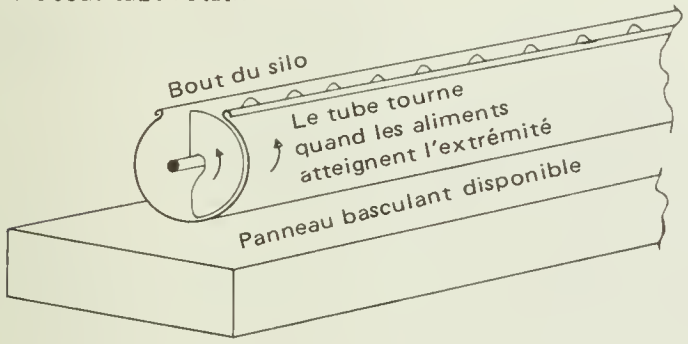


TABLEAU 18 — (suite)

Système de distribution	Remarques	Puissance requise par distance de 30 m (valeur approximative) en W	Nombre d'enclos normalement désservis
Tube perforé pour distribution uniforme des aliments	Lorsque les aliments atteignent l'extrémité de la vie, toute la longueur de la mangeoire se remplit: le tube pivote de façon que les orifices sont placés vers le bas et que la vis se vide entièrement de son contenu; ce système entraîne une séparation importante des particules grossières et fines	2235 — 3725	2+
Vis à ouverture en biseau pour distribution uniforme des aliments	Fonctionne de la même façon que le système précédent sans qu'il y ait séparation des aliments	1120 — 2235	2
Vis sous tube rotatif	Lorsque le tube est rempli un commutateur le fait pivoter; le tube revient à sa position initiale quand il est vide et l'opération se répète jusqu'à ce que la mangeoire soutienne la quantité voulue d'aliments	2235 — 3725	2
Vis aérienne pivotante	Pour remplir une mangeoire circulaire en repassant continuellement au-dessus d'elle, on peut remplacer la vis par un convoyeur à chaîne afin de réduire la consommation d'énergie; les vents violents peuvent créer un problème lors de la distribution des aliments secs car tous les aliments tombent d'une certaine hauteur dans la mangeoire; ce système peut aussi servir à remplir les mangeoires de plusieurs enclos	1120 — 2235	2+







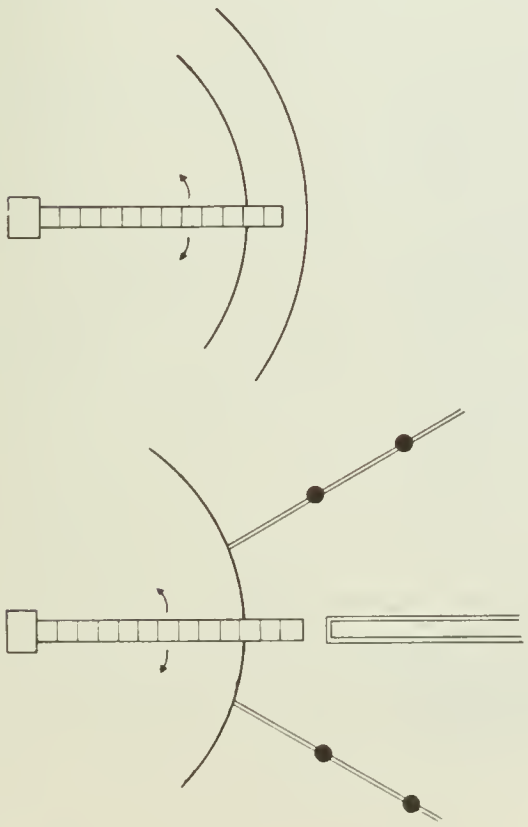
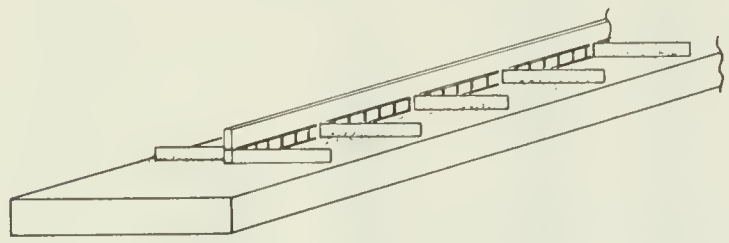
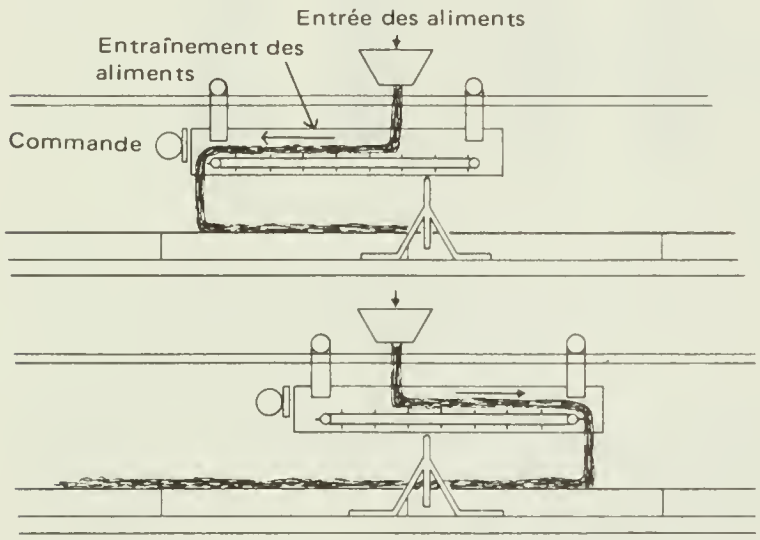
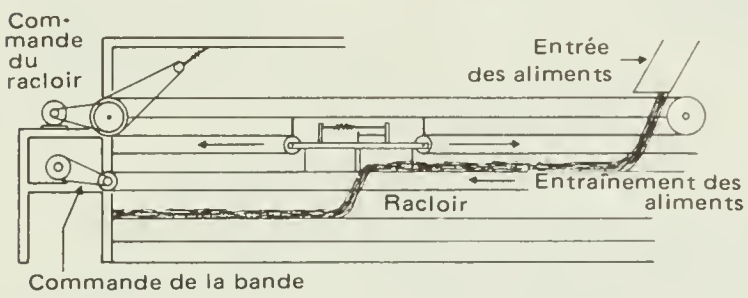


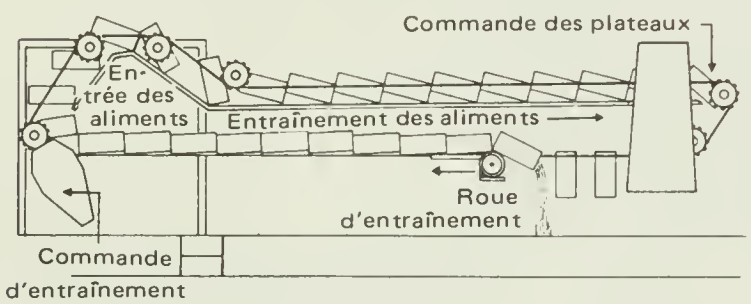
TABLEAU 19 – SYSTÈMES DE DISTRIBUTION AUTOMATIQUES A CHAÎNE ET A BANDE

Système	Remarques	Puissance requise par distance de 30 m (valeur approximative) en W	Nombre d'enclos normalement désservis
Convoyeur à chaîne continue	Semblable au nettoyeur à chaîne continue; on le remplit souvent à une extrémité à l'aide d'un chargeur avant; peut être utilisé pour les mangeoires circulaires installées à la base des silos ou pour les mangeoires rectangulaires; nécessite plus de puissance que la plupart des convoyeurs à chaîne ou à bande	1120 – 2235	2+
Convoyeur à mouvement de va-et-vient	Ce distributeur ne mesure que la moitié de la mangeoire; les aliments arrivent au centre de la mangeoire; le convoyeur se déplace à une vitesse d'environ 15m/min et fait fréquemment marche arrière pour distribuer la quantité voulue d'aliments sur toute la longueur de la mangeoire; la chaîne doit être graissée et ajustée fréquemment pour obtenir un meilleur rendement	560 – 745	2
Convoyeur à bande et à râcloir	Bande sans fin équipée d'un râcloir à mouvement automatique de va-et-vient; la bande se déplace à une vitesse d'environ 76m/min; le côté de la bande où s'effectue le déchargement est toujours tendu; la vitesse du râcloir n'est que le tiers de celle de la bande	745 – 1120	2+
Convoyeur à plateaux	Conçu de sorte que la même quantité d'aliments placée dans chaque plateau tombe à divers endroits de la mangeoire; au fur et à mesure que les plateaux se remplissent et s'éloignent, la roue porteuse déplace le dernier plateau plein jusqu'à un certain point déterminé; puis revient vers l'arrière, permettant à chaque plateau de se vider successivement; des commutateurs magnétiques, installés dans des endroits choisis le long de la charpente du convoyeur, permettent de remplir automatiquement plusieurs sections de rations différentes	1120	2+
Convoyeur à chaîne de fond oblique	Ces aliments se déplacent le long d'une planche oblique et tombent sur toute la longueur de la mangeoire; la distribution des aliments secs par grand vent peut poser un problème	1120	1









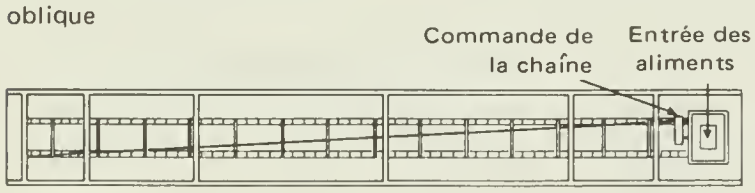
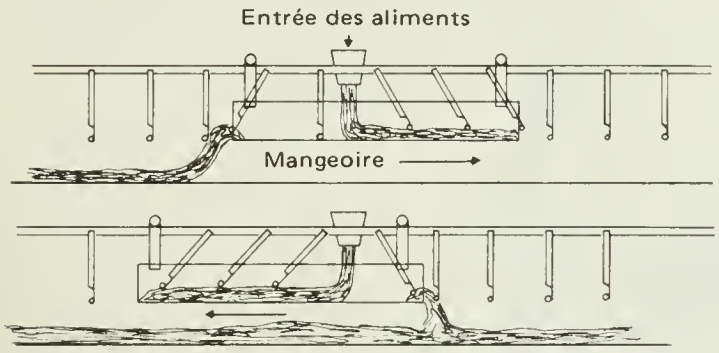
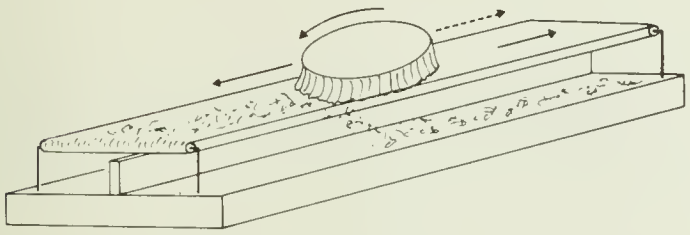
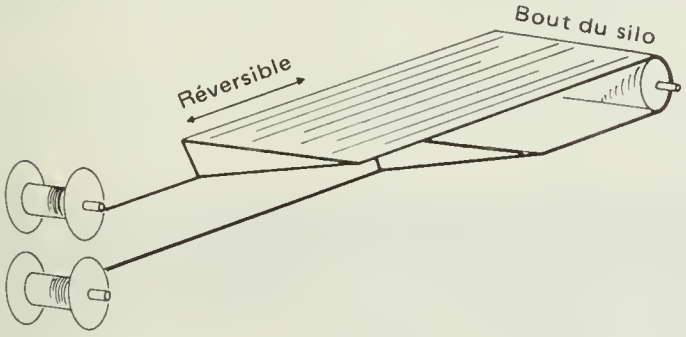
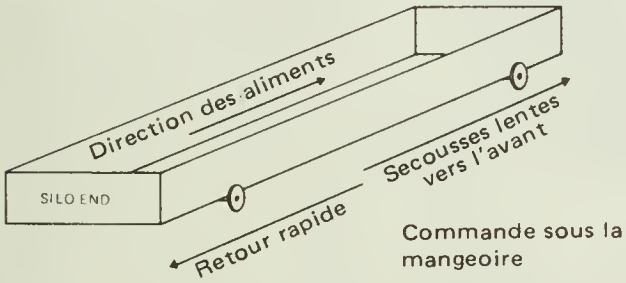


TABLEAU 19 — (suite)

Système de distribution	Remarques	Puissance requise par distance de 30 m (valeur approximative) en W	Nombre d'enclos normalement désservis
Convoyeur à balayage à type déflecteur 	Semblable au convoyeur à plateaux, mais possède moins de pièces mécaniques et a moins de souplesse de fonctionnement	745 — 1120	2+
Convoyeur à bande avec brosse 	Fonctionne comme le convoyeur à bande et à lame, mais la bande se déplace légèrement plus vite; les aliments tombent dans la mangeoire grâce à une brosse rotative mue par un moteur électrique à renversement instantané	1120 — 1490	2+
Convoyeur à bande réversible 	La bande est tirée par des câbles à la vitesse souhaitée et se remplit au fur et à mesure qu'elle s'éloigne de la source des aliments; le bétail se nourrit à même la bande; pour la distribution suivante on renverse le mouvement après avoir enlevé les aliments qui n'ont pas été mangés	745	1
Convoyeur à secousses 	Les aliments qui se trouvent dans une grande trémie métallique avancent par saccades jusqu'à l'extrémité de la mangeoire; la trémie se remplit progressivement et les animaux y mangent directement; assez coûteux car il faut acheter l'arbre de transmission et le mécanisme de suspension en plus de la mangeoire	2235	2

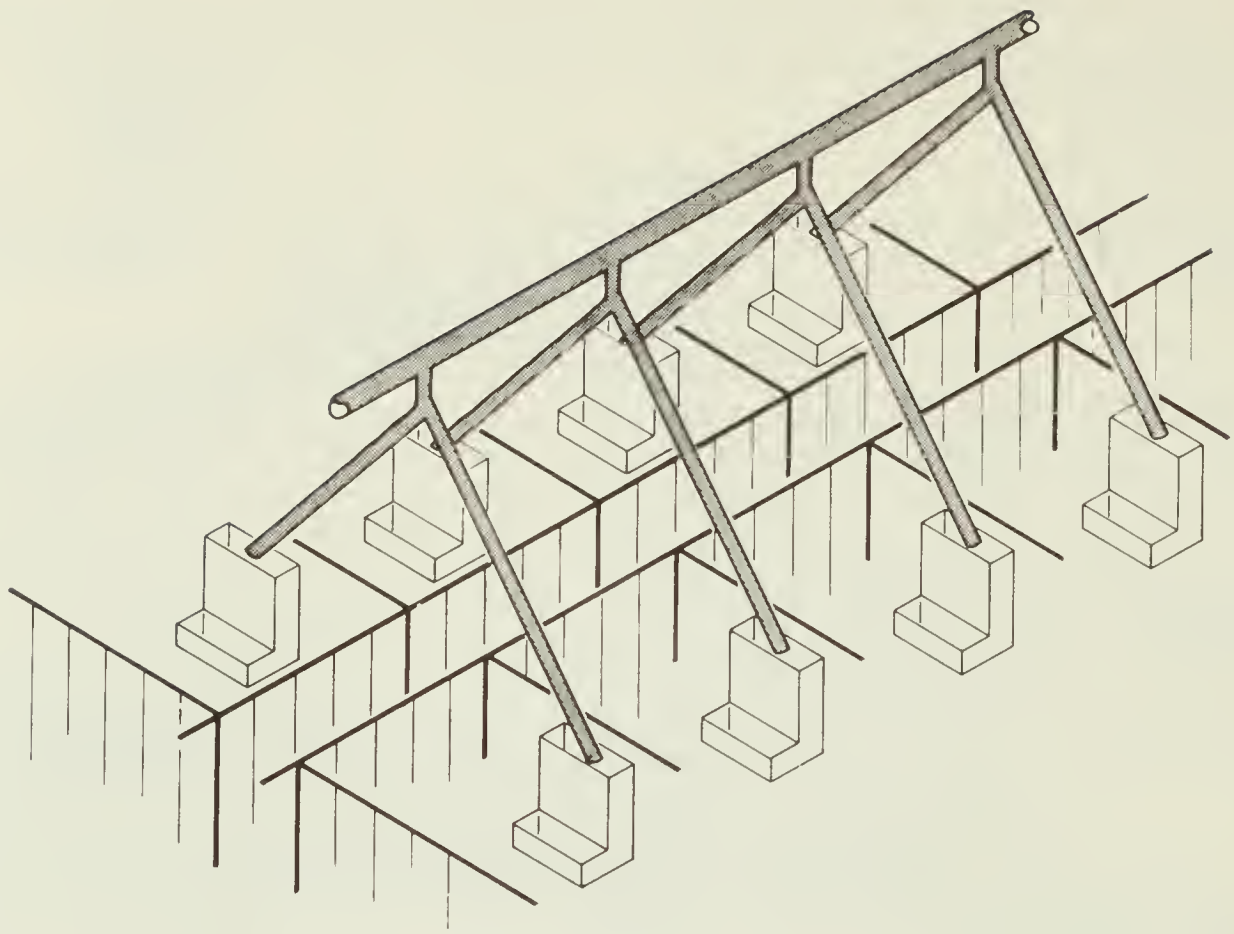


Figure 44 Transporteur à vis surélevé pour la distribution d'aliments à des nourrisseurs automatiques de porcherie

volailles (figure 45). Ce système d'alimentation est obligatoirement automatique.

Convoyeur-nourrisseur à volaille

Les volailles en cage se nourrissent souvent de l'auget du convoyeur (bande, chaîne ou vis) situé à l'avant de la cage et où la nourriture circule très lentement.

Alimentation liquide des porcs

Certains éleveurs nourrissent leurs porcs d'aliments liquides (figure 46). Moulus plus finement que les aliments secs ils sont mélangés avec de l'eau avant d'être pompés dans un réseau de canalisations et distribués dans les auges. Ce système est avantageux à certains points de vue. Ainsi, il produit beaucoup moins de poussière que les systèmes d'alimentation sèche; l'auge peut servir de diviseurs d'enclos; chaque porc a sa propre mangeoire et l'administration des antibiotiques s'effectue plus facilement. Par contre, ce système demande un matériel beaucoup plus élaboré et doit être nettoyé quotidiennement à grande eau; la finesse de la mouture requiert plus d'énergie et réduit le rendement du broyeur, et les suppléments minéraux doivent être moulus très finement.

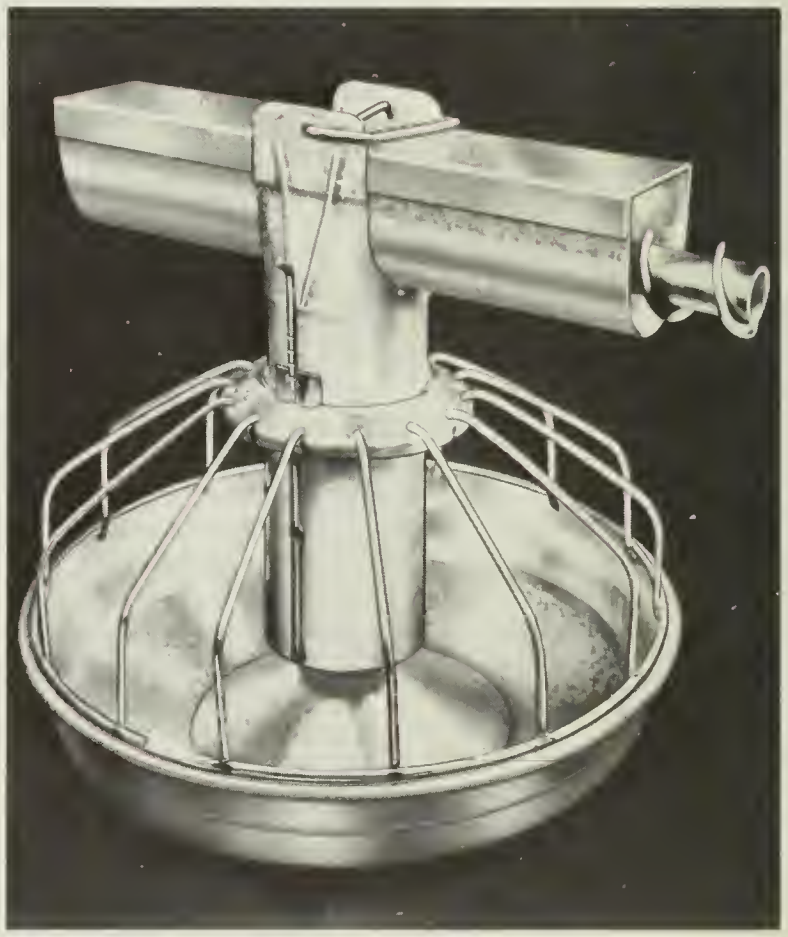


Figure 45 Mangeoire d'alimentation rationnée pour volaille

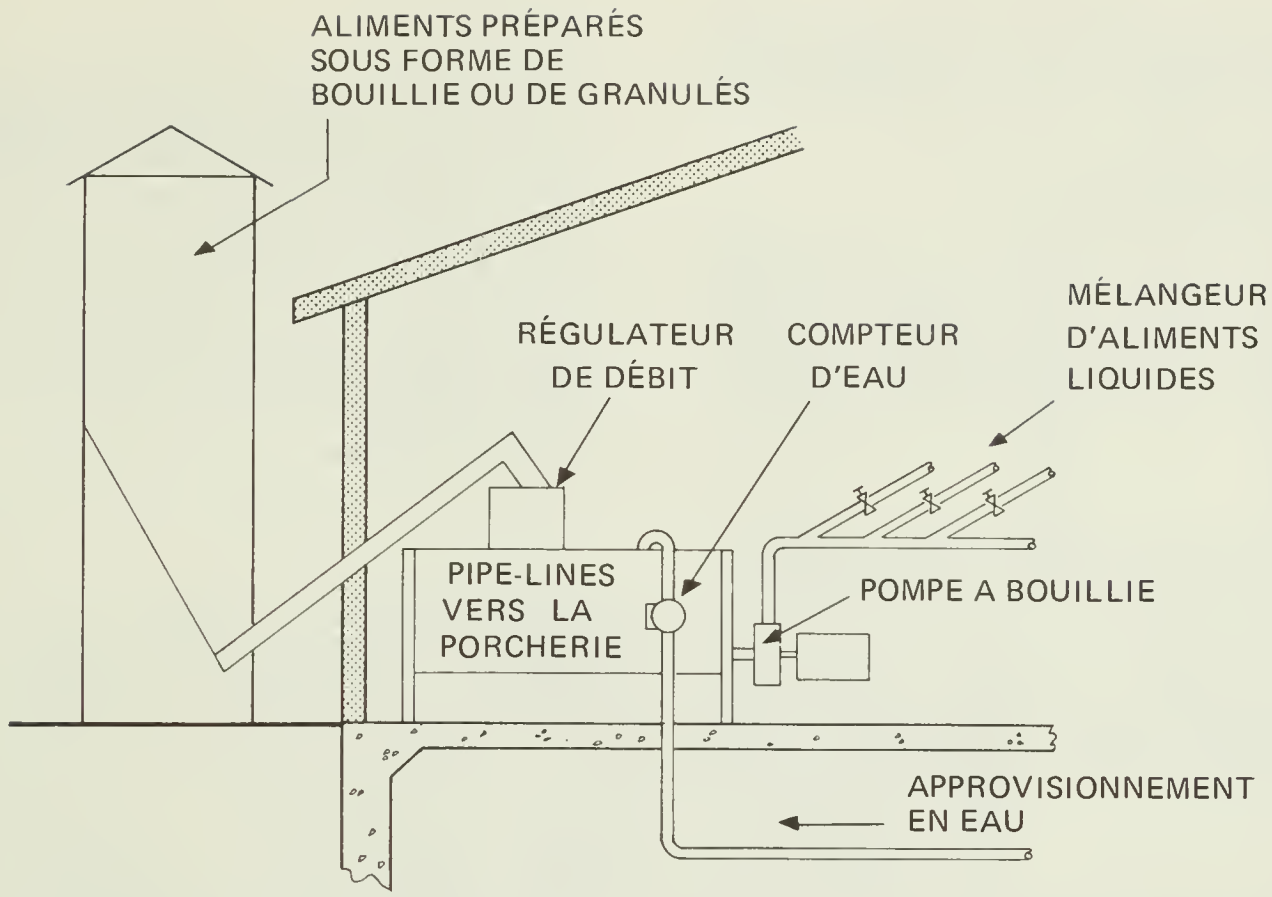


Figure 46 Système de distribution d'aliments liquides des porcs

L'ÉLECTRICITÉ À LA TRANSFORMATION ET LA MANUTENTION DES PROVENDES

La plupart des appareils de transformation et de manutention des aliments du bétail fonctionnent au moyen de moteurs électriques. Ces derniers sont pratiques, fiables, sûrs et se caractérisent par une vitesse constante, un démarrage instantané et l'absence de gaz d'échappement nocifs. Leur puissance varie de 400 W pour une petite vis de 3 m, à 75 kW pour les broyeurs à marteaux utilisés dans les parcs d'engraissement. S'il est automatique, le moteur pourra rester sans surveillance et fonctionner beaucoup plus longtemps qu'un moteur à essence. Les moteurs électriques ne nécessitent pas toujours le matériel imposant et très coûteux qui accompagne souvent ce dernier. Difficilement transportables, ils sont, de plus, désavantagés par la nécessité d'une source d'énergie électrique suffisante.

TYPES D'ÉNERGIE ÉLECTRIQUE

Courant monophasé

La plupart des fermes canadiennes sont alimentées par un courant monophasé de 120/240 volts, de 60 cycles. La puissance de l'alimentation dépend des dimensions du transformateur et du conducteur principal et de leur éloignement par rapport aux lignes de haute tension. Comme la puissance des moteurs électriques qui sont reliés au transformateur, elle est limitée par les fluctuations de tension que subissent les abonnés desservis par la même ligne au moment de la mise en marche du moteur.

Les combinaisons suivantes pourront être adoptées avec un courant monophasé:

- moteurs de moins de 745 W en nombre désiré;
- plusieurs moteurs monophasés de moins de 1100 W pourvu qu'ils ne soient pas mis en marche simultanément;
- moteurs monophasés à démarrage doux jusqu'à concurrence de 22 kW; et
- moteurs triphasés d'au maximum 22 kW équipés d'un déphaseur.

Pour des moteurs plus puissants, veuillez consulter le représentant de la compagnie d'électricité de votre région.

Courant triphasé

Le courant triphasé est offert aux fermes qui consomment une grande quantité d'énergie électrique. Si vous devez utiliser plusieurs moteurs de 5,6 kW et plus, renseignez-vous auprès du représentant de votre compagnie d'électricité sur le coût et la disponibilité du courant triphasé. Ce type de courant comporte divers avantages, notamment une plus grande fiabilité et moins d'entretien qu'avec le courant monophasé, en raison de la conception simplifiée du moteur; de plus, les moteurs triphasés plus puissants sont beaucoup moins coûteux que les moteurs monophasés; finalement, le courant triphasé actionne plus facilement les moteurs plus puissants de 22, 37 et 75 kW. Nous vous suggérons

d'établir un plan d'ensemble de vos besoins en électricité afin d'éviter une restructuration des installations et le remplacement des moteurs.

MOTEURS ÉLECTRIQUES

La forme, la taille et l'enveloppe d'un moteur électrique varient selon le modèle. Afin de limiter l'entretien à l'essentiel et d'éviter une panne prématurée, le moteur devra présenter une combinaison convenable de ces trois aspects.

Choix du moteur

La plupart des appareils utilisés pour la transformation et la manutention des aliments du bétail peuvent fonctionner sans surveillance et être mis en marche une fois chargés. Le moteur devrait réunir les caractéristiques suivantes: fonctionnement continu, étanchéité complète, refroidissement par ventilation et mise en marche par condensateur. Le tableau 20 illustre les moteurs les plus couramment utilisés pour la transformation et la manutention des aliments du bétail avec leurs caractéristiques et leurs usages types.

TABLEAU 20 — MOTEUR (CARACTÉRISTIQUES)

Type	Puissance (W)	Vitesse r/min	Intensité au démarrage	Couple de démarrage	Particularités	Emplois typiques
Condensateur démarrage par induction	125 — 7450	900 1200 1800 3600	Moyenne, 3 à 6 fois l'intensité du moteur en marche	Élevé 350 — 400% du couple du moteur en marche	De longue durée, peu d'entretien, polyvalent, moteurs agricoles les plus courants	Agitateurs, vis sans fin, compresseur d'air, souffleuses, broyeurs, pompes à lisier, trayeuses, refroidisseurs à lait, ventilateurs, systèmes hydrauliques, désileuses, évacuateurs à fumier, élévateurs
Démarrage doux, courant monophasé	11 175 — 37 250	1800 3600	Faible, 2 fois l'intensité du moteur en marche	Faible 50% du couple normal du moteur	Pour les charges plus importantes sur courant monophasé; charge presque nulle pour démarrer	Séchoirs à récolte, souffleuse à fourrage, pompes d'irrigation, agitateurs de fumier, broyeurs à marteaux, broyeurs à cylindres, scies
Courant triphasé Cage d'écureuils	370 — 298 kW	450 900 1200 1800 3600	Faible ou moyenne, 3 — 4 fois l'intensité du moteur en marche	Moyen 200 200 — 300% du couple du moteur en marche	Construction très simple, digne de confiance, pas d'entretien	Élévateurs, séchoirs, convoyeurs treuils d'élevage, trous, pompes à lisier, mélangeurs, pompes d'irrigation

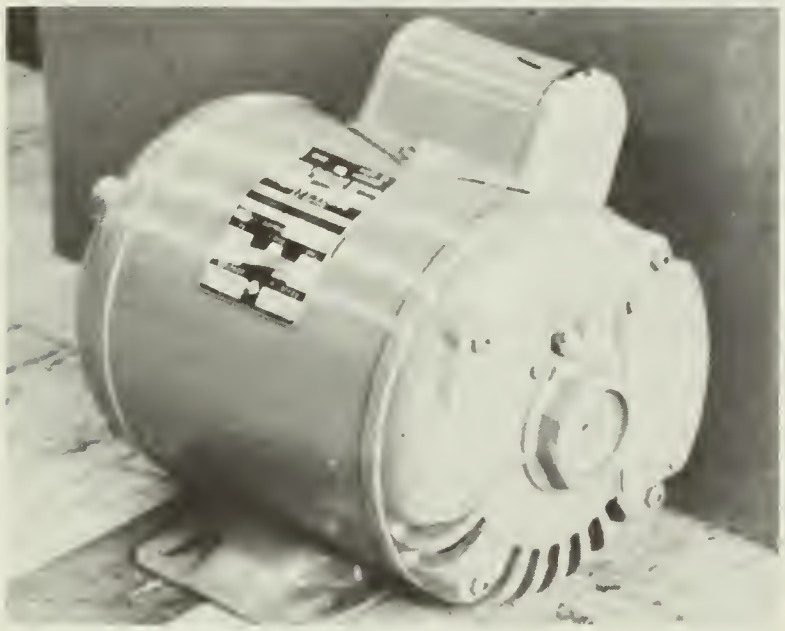


Figure 47 Moteur ouvert

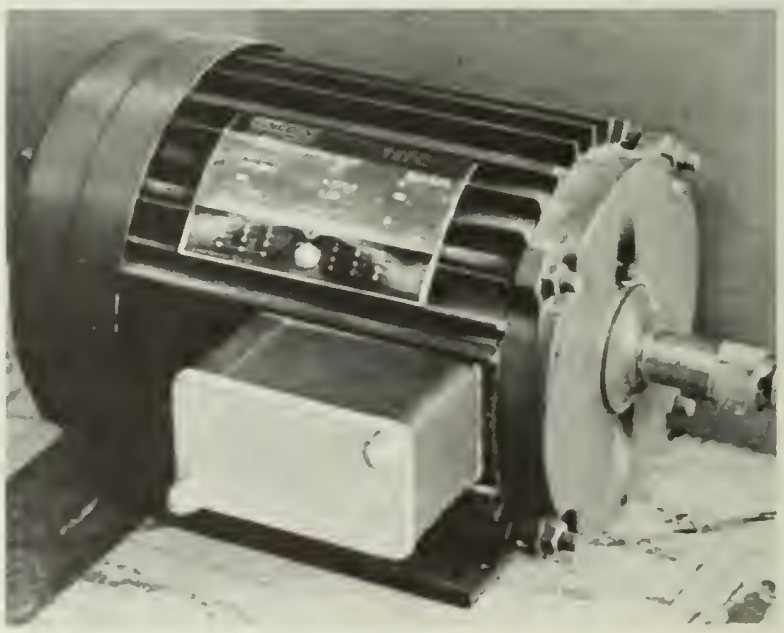


Figure 48 Moteur anti-éclaboussement

Enveloppe

Il existe un grand nombre d'enveloppes de moteur; les trois qui suivent sont les plus courantes:

- Ouverte, ventilée par le dessous (figure 47) — enveloppe d'usage général à n'utiliser que dans les endroits où il y a relativement peu de poussière et d'éclaboussures (pompe à eau, compresseur d'air).
- A l'épreuve des éclaboussures (figure 48) — utilisée dans les endroits où il y a relativement peu de poussière, mais où le moteur peut être arrosé par un liquide (réservoir à lait en vrac, pompe pour l'irrigation).
- Complètement étanche, refroidissement par ventilation (CERV) (figure 49) — utilisée dans les endroits poussiéreux, à l'extérieur ou à l'intérieur (vis sans fin, élévateur, broyeur à cylindres ou à marteaux).

Roulement

Les moteurs des appareils destinés à la transformation des aliments du bétail doivent être équipés de roulements à bille lubrifiés en permanence ou d'accessoires spéciaux pour le graissage. Un surcroît ou un manque d'huile peuvent fortement endommager les moteurs qui nécessitent un graissage. Suivez les instructions du fabricant. Les moteurs équipés de coussinets à manchon doivent être lubrifiés plus souvent que les autres. On ne les utilise pas couramment pour la transformation des aliments du bétail. En général, ils doivent être montés en position horizontale car ils n'ont pas de palier de butée.

Puissance

La puissance du moteur doit être suffisante pour faire fonctionner les appareils de façon satisfaisante. Un moteur à essence de 750 W peut être remplacé par un moteur électrique de 600 W; un moteur électrique de 2,2 kW accomplira de façon satisfaisante le travail d'un moteur à essence de 3,7 kW. Le tableau 21 donne la puissance des moteurs électriques équivalant à celle des moteurs à essence pour une charge de travail déterminée.

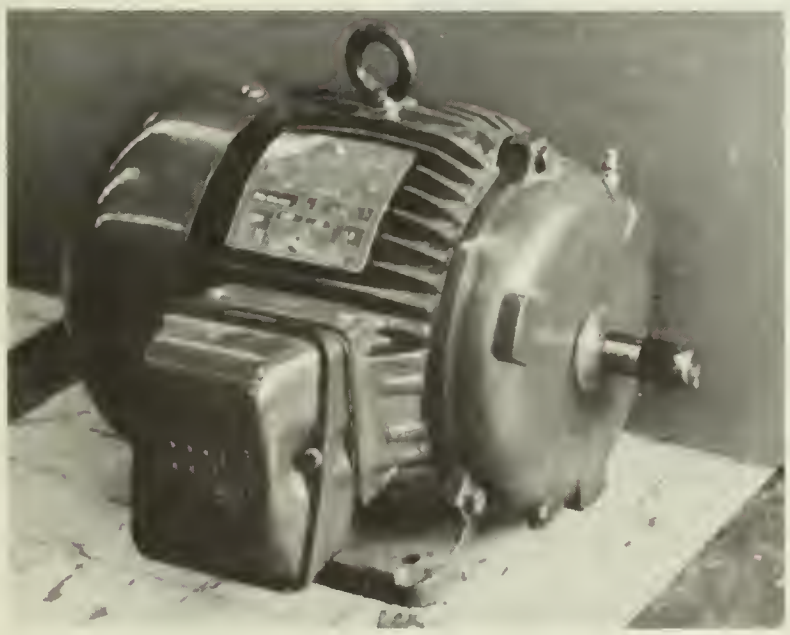


Figure 49 Moteur entièrement étanche, refroidi par ventilateur

TABLEAU 21 — CHOIX DU MOTEUR EN FONCTION DE LA CHARGE

	Force du moteur (W)	
Charge (W)	Électrique (kW)	Combustion interne (kW)
7 450	7,5	9,7 — 11,2
11 175	11,2	14,9 — 17,1
14,9 kW	14,9	20,1 — 22,3
22,3	22,3	29,8 — 33,5
29,8	29,8	39,5 — 44,7
37,2	37,2	48,4 — 55,8
44,7	44,7	59,6 — 67,0
55,8	55,8	74,5 — 84,2
74,5	74,5	99,1 — 11,2

DÉPHASEUR

Un déphaseur est un appareil permettant d'adapter un moteur triphasé à une génératrice monophasée ou un moteur puissant au courant monophasé. On trouve sur le marché des déphaseurs statiques et rotatifs.

Le déphaseur statique comprend un banc de condensateurs ou un transformateur d'équilibrage destiné à fournir un courant de sortie triphasé partiel. En général, chaque moteur dont le bobinage est monté en étoile doit avoir son propre déphaseur. L'efficacité du bloc ainsi formé varie entre 70 et 90%: un moteur triphasé de 7,4 kW accouplé à un déphaseur n'a qu'une puissance de 5,2 kW. Les déphaseurs statiques sont généralement meilleur marché que les déphaseurs rotatifs pour les installations à un ou deux moteurs.

Les déphaseurs rotatifs ont plus d'avantages. Un seul d'entre eux peut faire marcher plusieurs moteurs à la fois. Lorsque les installations combinent plusieurs moteurs, le déphaseur rotatif peut les faire fonctionner tous en autant que leur puissance combinée ne dépasse pas le triple de la sienne et qu'aucun moteur individuel n'ait une puissance supérieure à la sienne. Les moteurs triphasés à bobinage en triangle ou en étoile peuvent y être reliés sans câblage spécial. Ces déphaseurs ont une efficacité de 90 à 95%.

PROTECTION DU MOTEUR

Le circuit électrique d'un moteur comprend cinq éléments: (1) un système de protection contre les court-circuits au niveau du moteur et des circuits secondaires; (2) un système de protection contre la surcharge; (3) un disjoncteur entre le moteur et la génératrice; (4) les commandes du moteur et (5) le montage du moteur lui-même.

La figure 50 illustre les dispositifs de protection du moteur. Ces dispositifs sont souvent montés à même

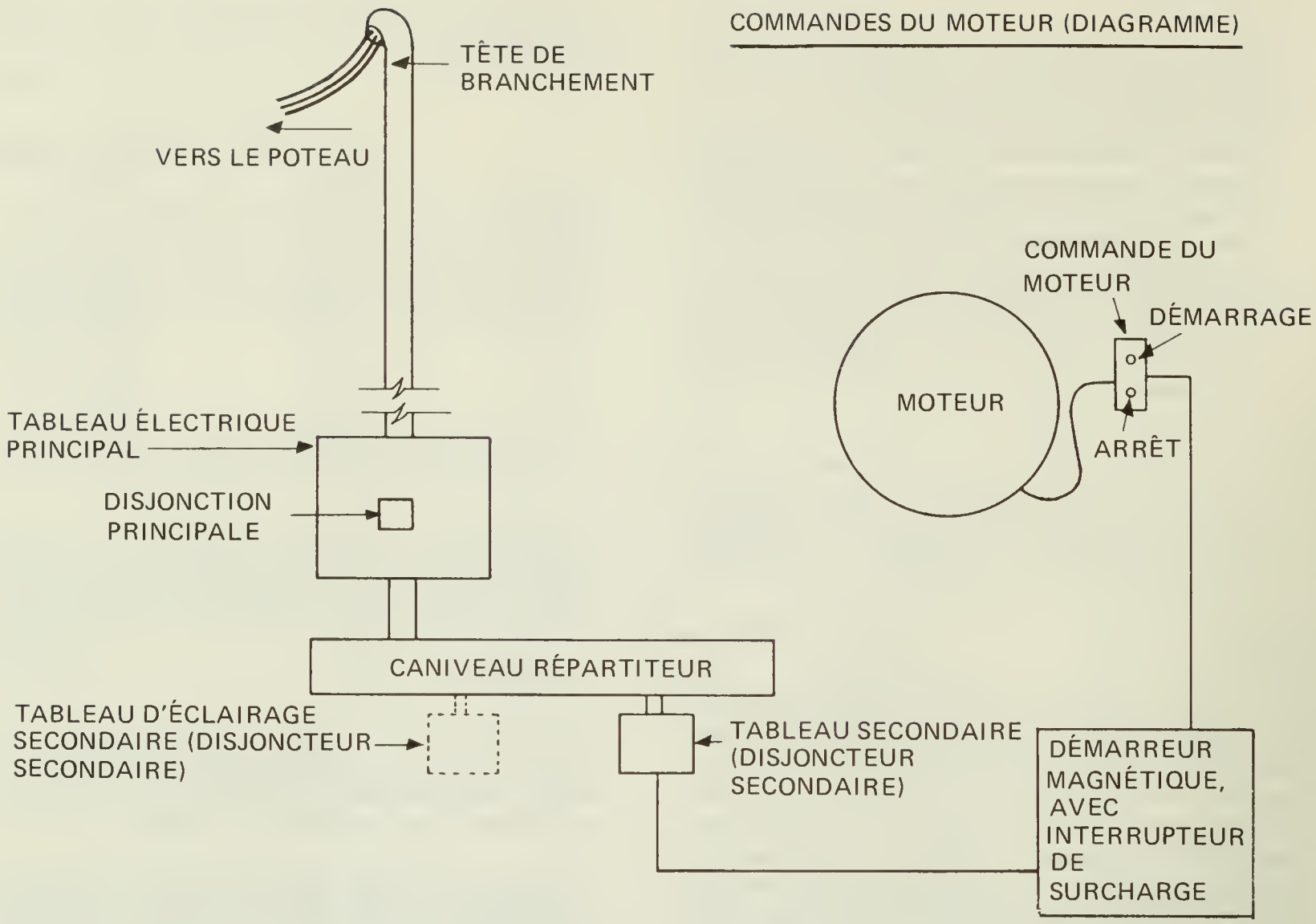


Figure 50 Système protecteur recommandé pour les gros moteurs

TABLEAU 22 – PROTECTION DU MOTEUR (NORMES)

Force (W)	Intensité de pleine charge (A)		Calibre minimum du fil conducteur en cuivre. (AWG)	Protection maximale contre la surcharge (A)		Protection maximale contre la surcharge (A)
	120 V	240 V		Fusible	Disjoncteur	
186	5,8		14	20	15	7,50
186		2,9	14	15	15	3,75
245	7,2		14	25	20	10,00
245		3,6	14	15	15	5,00
370	9,8		14	30	20	12,50
370		4,9	14	15	15	6,25
380	13,8		12	45	30	17,50
560		6,9	14	25	15	8,75
745		8	14	25	20	10,00
1120		10	14	30	30	12,50
1490		12	14	40	30	15,00
2235		17	10	60	40	21,25
3987		28	8	90	70	35,00
5587		40	6	125	100	50,00

l'enveloppe du moteur et sont vendus avec lui. Le tableau 22 indique l'intensité maximum, la taille minimum des conducteurs et la surcharge maximum acceptables pour les moteurs monophasés ainsi que leur système de protection contre le survoltage.

Dispositif de protection contre les court-circuits

Consiste généralement en un fusible ou un disjoncteur qui se déclenchent lorsque l'intensité atteint respectivement 300% ou 250% du maximum indiqué sur la plaque du moteur.

Dispositif de protection contre la surcharge

Il existe deux possibilités: (1) un système de protection thermique à réenclenchement automatique ou manuel faisant partie intégrale du moteur (la plupart des moteurs de 750 W et les moteurs fractionnaires disposent de ce genre de protection) et (2) un démarreur constitué d'un interrupteur à élément chauffant et d'un bilame. Lorsque l'interrupteur est fermé, le circuit du moteur est bouclé. L'élément chauffant est relié en série avec l'interrupteur et se trouve près d'un bilame ou d'une commande qui ouvre le circuit du moteur lorsqu'elles sont surchauffées par l'intensité excessive du courant. On trouve sur le marché des éléments chauffants de tailles diverses. L'élément devrait pouvoir absorber de 1,15 à 1,25 fois l'intensité de pleine charge du moteur.

Démarreur magnétique

Le démarreur magnétique est le meilleur genre de commutateur que l'on puisse trouver pour les moteurs de 750 W et plus. Il se compose d'un solénoïde électrique qui une fois déclenché par un interrupteur monocourse ou une autre commande du moteur (situé dans le démarreur ou ailleurs), ferme les contacts de pleine charge afin de transmettre l'électricité au moteur. Le fonctionnement du solénoïde ne nécessite qu'un courant de faible intensité. Le câblage de l'interrupteur peut donc être allégé et se transformer plus facilement en télécommande simple ou multiple. L'élément chauffant

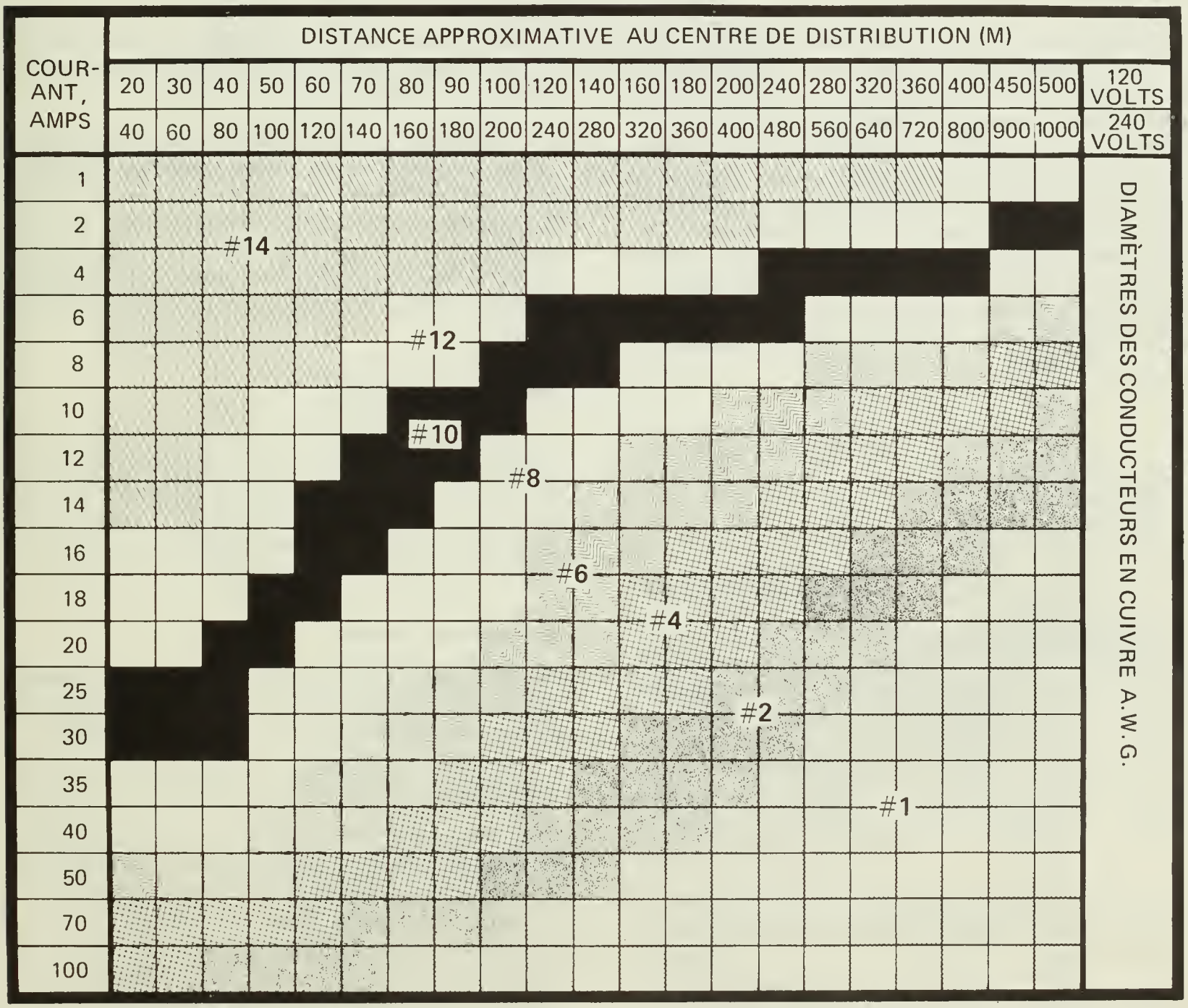


Figure 51 Diamètre du fil conducteur en fonction de l'intensité du courant et de la distance (baisse de tension de 2%)

à maximum qui contrôle l'interrupteur à bilame est relié en série avec le courant qui va au moteur. S'il y a surcharge, l'élément ouvre le circuit vers le solénoïde et coupe le courant destiné au moteur. L'élément chauffant devrait pouvoir absorber de 1,15 à 1,25 fois l'intensité de pleine charge du moteur.

Arrêt du moteur

On peut arrêter les moteurs fractionnaires inférieurs à 375 W simplement en débranchant la prise de courant. Pour les moteurs plus gros, veuillez consulter les normes locales en matière de disjoncteurs.

Commande du moteur

On appelle commandes du moteur tout dispositif qui permet l'arrêt et la mise en marché du moteur. Il peut s'agir d'une fiche et d'une prise ou d'un interrupteur. Il peut également s'agir d'un interrupteur à pression, à flotteur, à minuterie ou d'un rupteur si le dispositif est couplé à un démarreur magnétique.

CÂBLAGE

Le câblage devra être installé conformément aux normes du Code canadien de l'électricité. Avant l'installation, il est préférable de communiquer avec un inspecteur provincial, car beaucoup de provinces ont apporté des modifications au Code. Les moteurs de faible puissance fonctionnent sur 120 ou 240 volts; les moteurs plus importants devront être alimentés par un courant de 240 volts si on veut en obtenir le meilleur rendement. Conformément au Code de l'électricité tous les moteurs devront être munis d'une prise de terre. La mise à la terre réduit le risque d'accidents imputables au mauvais fonctionnement des appareils et dirige les courants parasites vers le sol.

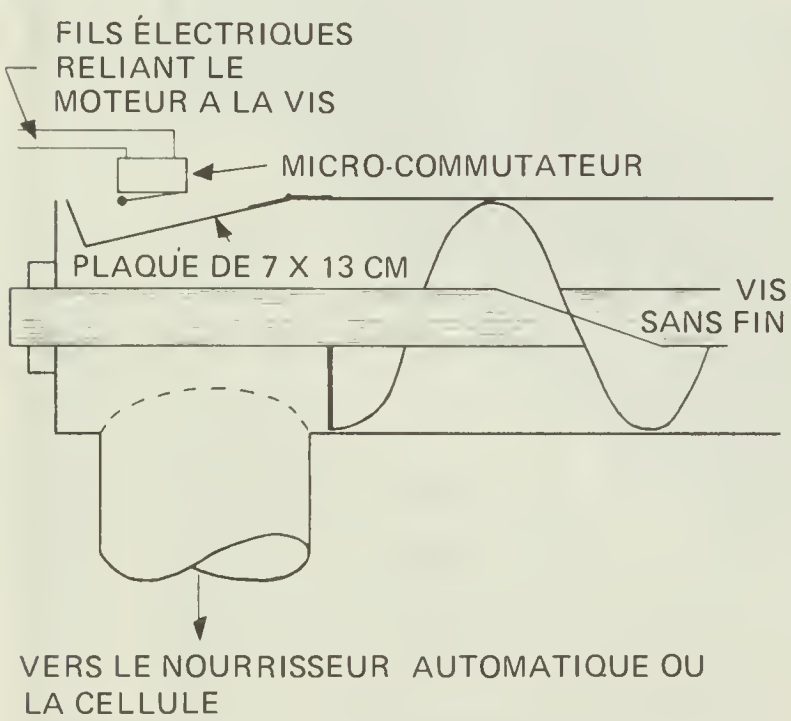


Figure 52 Micro-commutateur du moteur de la vis transportant les aliments au nourrisseur automatique

Le câblage devrait limiter la baisse entre le générateur et les appareils à 2%. Un mauvais câblage peut facilement conduire au mauvais fonctionnement de l'appareil et augmenter les risques d'accident. La figure 51 donne le diamètre des fils électriques pour les moteurs d'usage agricole.

Le montage devra être laissé à un électricien qualifié et être inspecté officiellement sinon, les compagnies d'assurance pourront refuser les demandes de règlement.

Par mesure de sécurité tous les commutateurs devraient se trouver près de l'appareil si celui-ci tombe en panne ou fonctionne mal.

COMMANDES

Interrupteur à pression

Les interrupteurs à pression sont des appareils pratiques permettant le démarrage ou l'arrêt automatique des appareils utilisés pour la transformation et la manutention des aliments du bétail. On les utilise par exemple pour arrêter et mettre en marche une vis sans fin qui approvisionne un silo, pour indiquer le niveau d'ensilage dans le silo en allumant des ampoules électriques placées au niveau des interrupteurs, pour arrêter la vis lorsqu'on a atteint la quantité de matériel désirée.

Un interrupteur à pression est constitué d'un micro-commutateur que pousse un diaphragme en caoutchouc (figures 52 et 53). Le micro-commutateur ne contrôle généralement que le courant nécessaire pour actionner un commutateur magnétique. Il alimente quelquefois un moteur à pleine capacité, mais cette méthode est peu recommandée car on abrège alors sa durée de fonctionnement.

Interrupteur à mercure

Ils fonctionnent presque de la même manière que les interrupteurs à pression. Cet interrupteur (figure 54) consiste en un petit tube de verre partiellement rempli de mercure avec un contact électrique à chacune de ses extrémités. Lorsque le tube bascule, le mercure se déplace et ouvre ou coupe le circuit.

Interrupteur à minuterie

On les utilise pour mettre en marche des appareils électriques à un moment précis. Un mécanisme d'horlogerie actionne l'interrupteur à un moment déterminé.

Interrupteur à retardement

Dans la transformation des aliments du bétail ils servent à mettre en marche et à arrêter, dans l'ordre approprié, les vis sans fin et les broyeurs. La mise en marche de la vis sans fin qui approvisionne un broyeur à rouleaux doit, par exemple, être retardée car le broyeur ne peut démarrer une fois chargé. Les relais à retardement, les relais à semiconducteurs et les commutateurs magnétiques à retardement peuvent tous servir à cette fin.

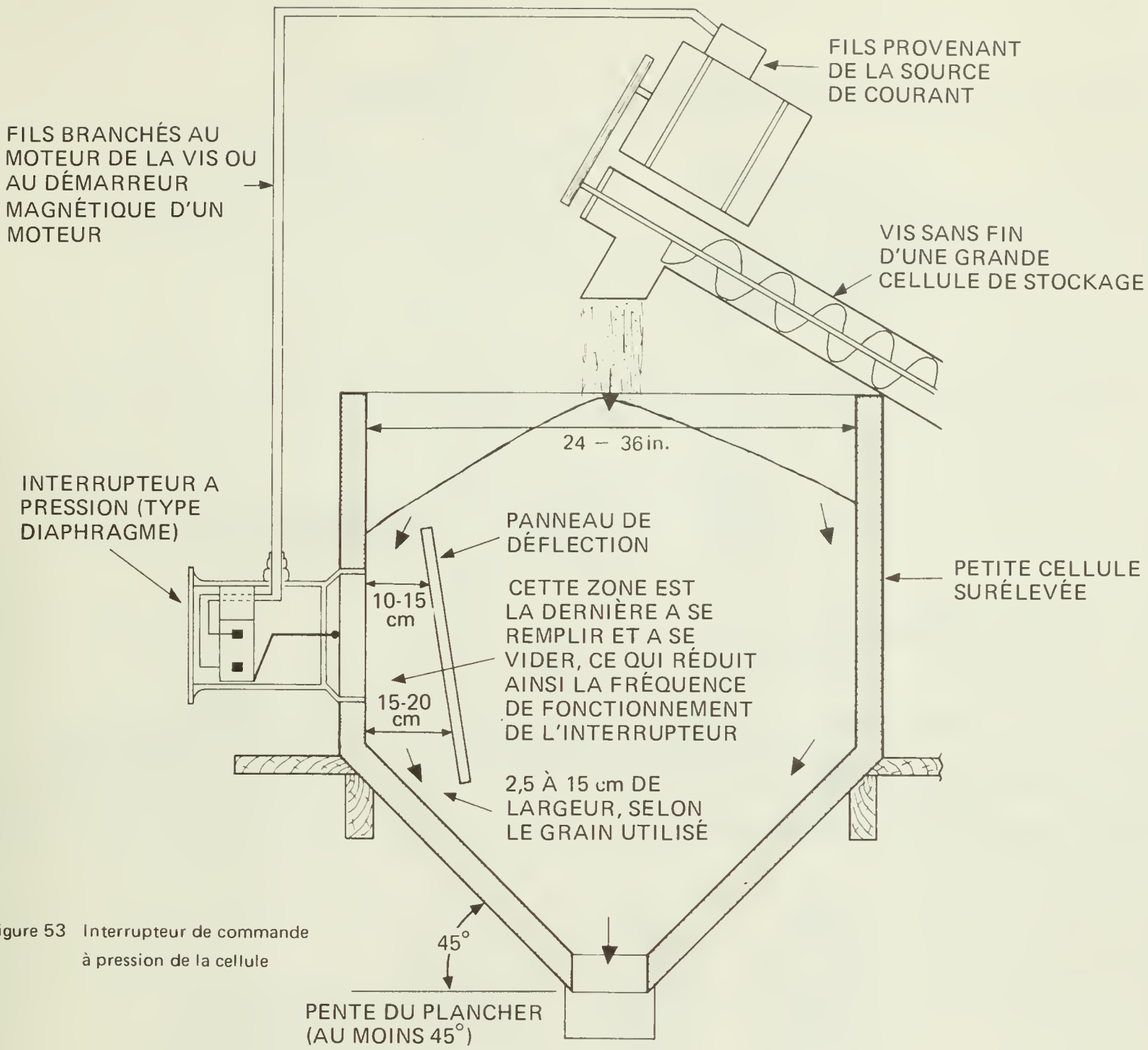


Figure 53 Interrupteur de commande à pression de la cellule

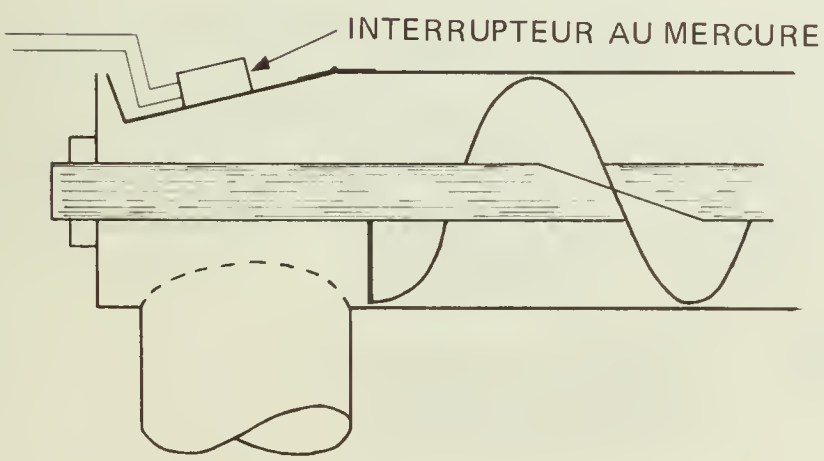


Figure 54 Interrupteur au mercure du moteur de la vis sans fin

TABLEAU DE CONTRÔLE

Divers fabricants canadiens construisent des tableaux de contrôle étanches à la poussière et munis de disjoncteurs, de dispositifs de protection thermiques contre la surcharge, d'interrupteurs à retardement, de commutateurs monocourses et d'ampoules indicatrices. Ces tableaux doivent être approuvés par l'ANC et verrouillés. Ils pourront être équipés d'un système séquentiel de mise en marche et d'arrêt comme le demande la transformation des aliments du bétail.

Il est généralement plus économique d'acheter un tableau de contrôle complet plutôt que ses différents éléments.

Les figures 55, 56 et 57 illustrent divers systèmes utilisés dans la transformation des aliments du bétail.

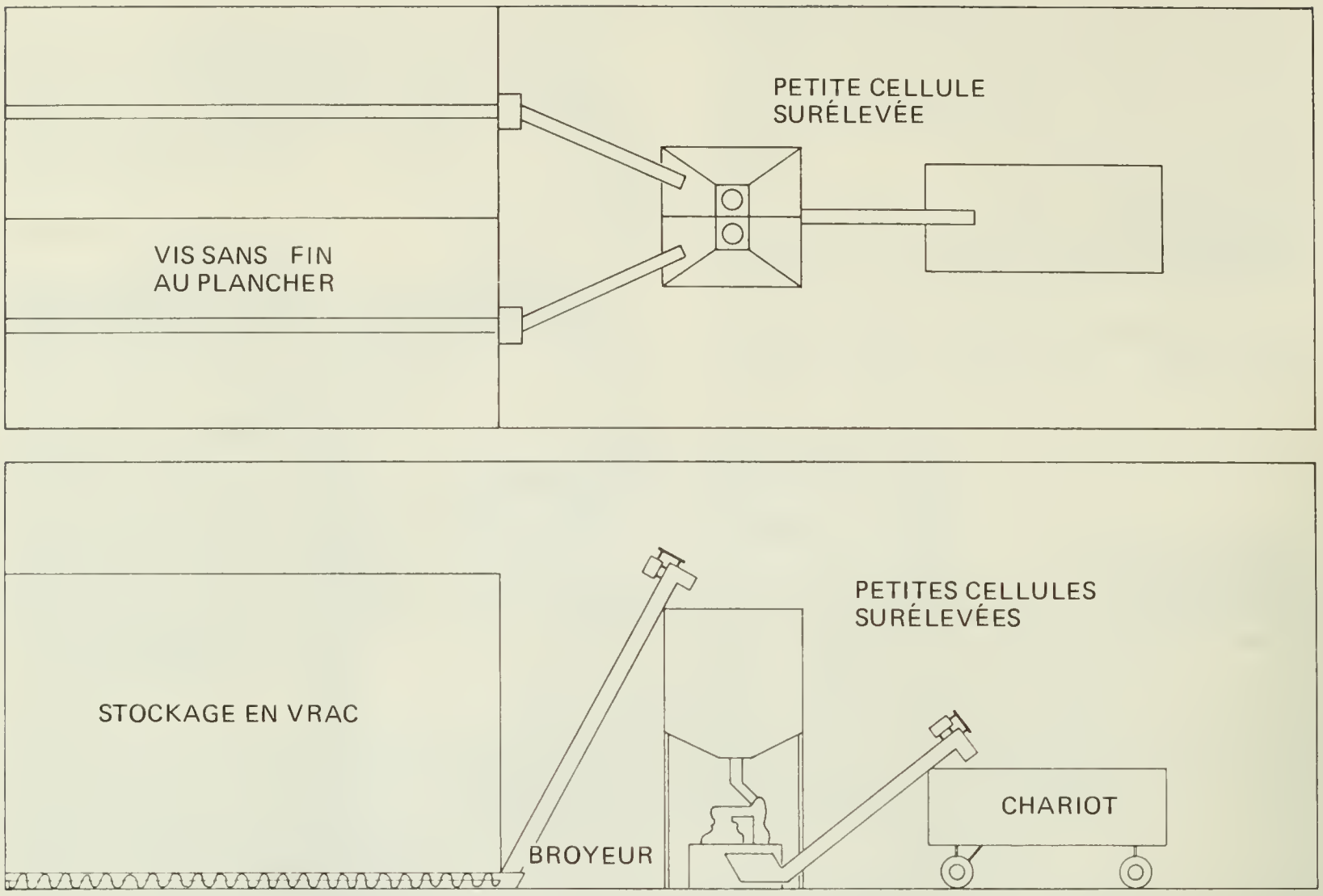


Figure 55 Centre simplifié de préparation des aliments

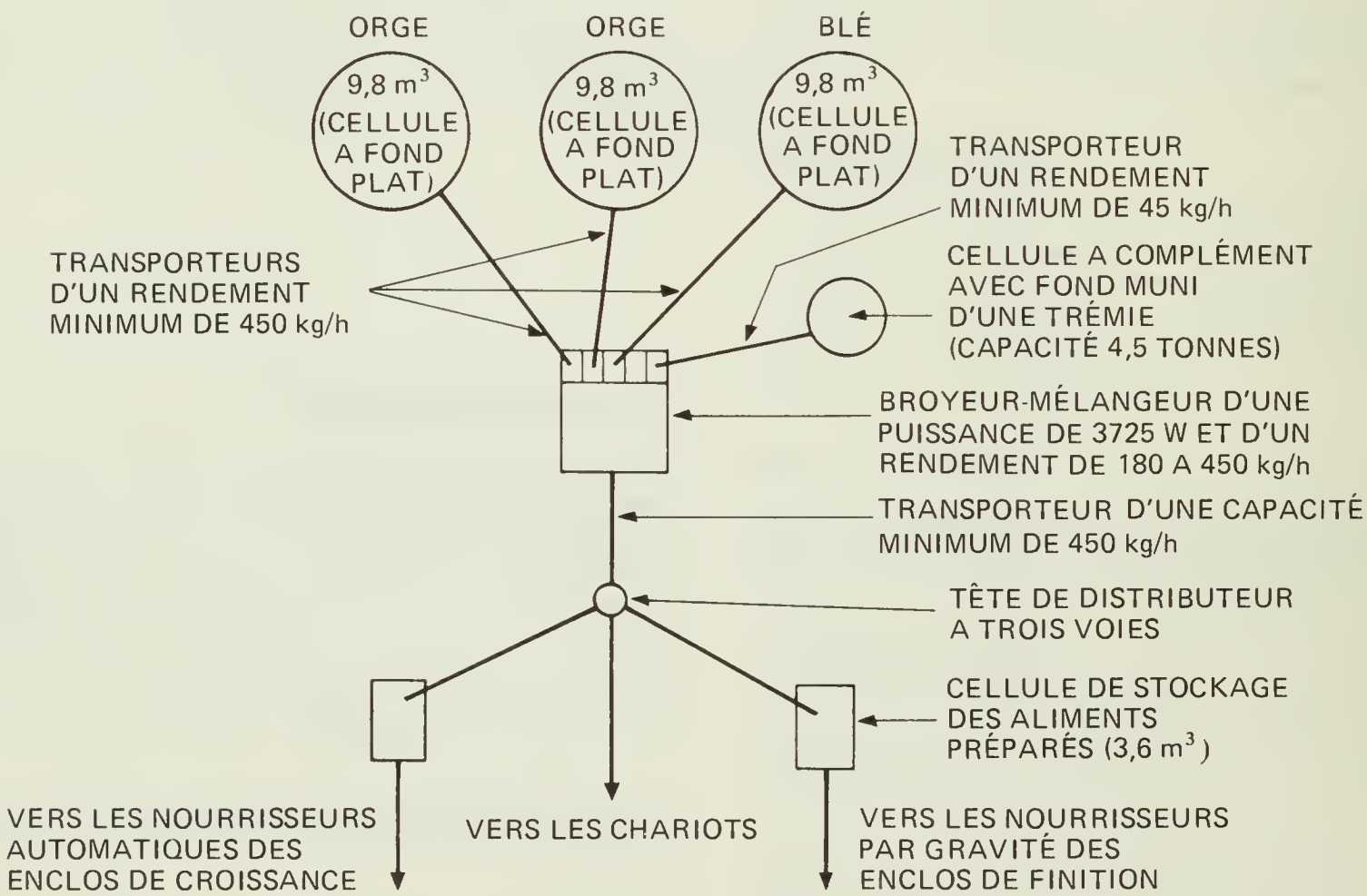


Figure 56 Schéma de principe d'un broyeur-mélangeur

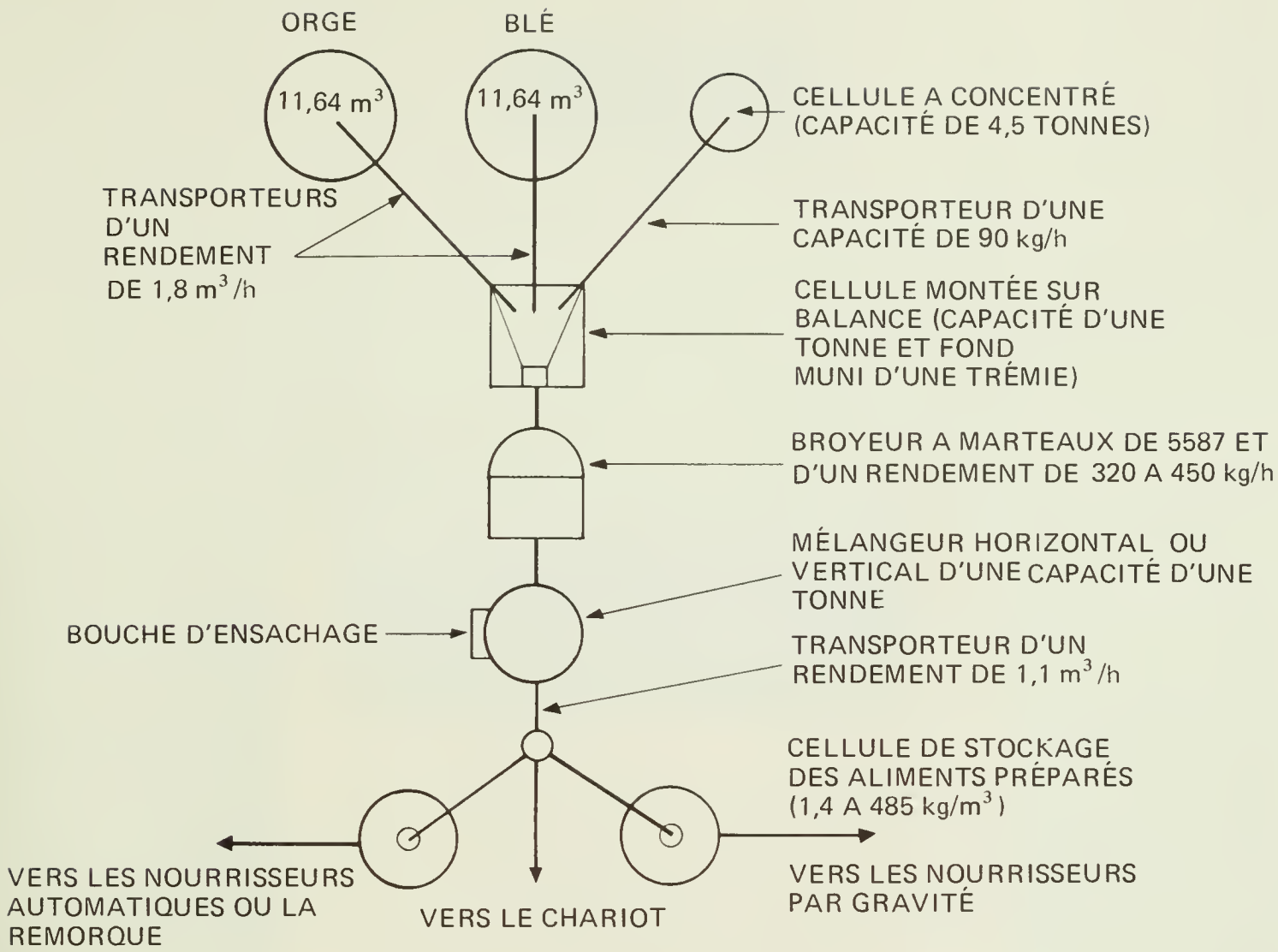


Figure 57 Schéma de principe d'un système de traitement discontinu à transport par gravité

REMERCIEMENTS

Les sources de renseignement qui ont rendu la rédaction de la présente publication possible sont nombreuses. Nous désirons remercier toutes les personnes qui y ont collaboré.

Photos: KMN Modern Farm Equipment Inc., Westwood, N.J. (figure 31); Sprout-Waldron, Muncy, Penn. (figure 37); W. Murray Clark Ltd., Caledonia, Ont. (figures 38 et 45); B.J.M. Mfg. Co. Inc., Dodge City, Kan. (figure 42); et B. Kennedy (figure 18). F. Stroppa (figure 32) et N.J. Matthews (figures 47 – 49) du ministère de l'Agriculture de la Saskatchewan.

LIBRARY / BIBLIOTHEQUE
AGRICULTURE CANADA OTTAWA K1A 0C5
3 9073 00036257 6

630.4 C212 P 1572 fr. Cop. 3
Canada. Ministère de l'agriculture.
Transformation et manutention des provendes à la ferme.